中国煤炭工业百科全书

煤矿建设卷

CHINA COAL INDUSTRY ENCYCLOPAEDIA

Coal Mine Construction Volume



目　　录

前言…… 7
凡例…… 8
条目分类目录 …… 11
彩图插页目录 …… 16
正文…… 1
条目汉字笔画索引…… 390
条目英文索引（INDEX OF ARTICLES） …… 394
条目及条目内容主题分析汉语拼音索引…… 399

条目分类目录

〔煤矿设计〕

煤矿设计规范 …… 242
标准设计 …… 15
计算机辅助设计 …… 87
矿区建设可行性研究 …… 199
矿区 …… 171
矿区储量 …… 174
矿区总体设计 …… 206
矿区开发 …… 201
矿区建设规模 …… 191
矿区服务年限 …… 178
矿区建设顺序 …… 200
矿区地面总体布置 …… 176
矿区防洪 …… 177
矿区辅助企业 …… 180
矿区附属企业 …… 185
矿区地面运输 …… 175
矿区铁路 …… 203
矿区道路 …… 175
矿区带式输送机运输 …… 174
矿区架空索道运输 …… 189
煤炭长距离管道运输 …… 245
矿区供电系统（见**机电卷**）
矿区输电线路 …… 201
坑口电站 …… 133
矿区变电所 …… 172
矿区信息系统 …… 204
矿区给排水系统 …… 187
矿区供热系统 …… 186
热电联产工程 …… 279
矿区建设技术经济 …… 192
矿区总体发展规划 …… 206
矿井设计 …… 159
矿井型 …… 152
井田 …… 109
矿井储量 …… 135
矿井设计生产能力 …… 161
矿井服务年限 …… 139
矿井开拓设计 …… 154
井筒 …… 110
立井 …… 209
斜井 …… 306
主井 …… 351
副井 …… 65
风井 …… 64
暗井 …… 2
井筒装备 …… 115
罐道梁 …… 69
罐道 …… 68
梯子间 …… 297
井筒支护 …… 113
井窝 …… 117
平硐 …… 261
巷道 …… 71
井底车场 …… 90
硐室 …… 51
马头门 …… 222
巷道交岔点 …… 76
井下变电硐室 …… 121
带式输送机机头硐室 …… 20
井下煤仓 …… 125
箕斗装载硐室 …… 86
翻车机硐室 …… 58
卸载站硐室 …… 312
井下爆炸材料库 …… 120
主排水泵硐室 …… 351

管子道 …… 68
井底水仓 …… 95
防水闸门硐室 …… 63
防火门硐室 …… 63
密闭门硐室 …… 257
〔矿井运输系统〕
井下运煤系统 …… 127
井下辅助运输系统 …… 122
矿井提升系统 …… 165
矿井排水系统 …… 157
矿井通风系统（见**安全卷**）
矿井压缩空气系统 …… 170
矿井地面生产系统 …… 137
矿井辅助生产车间 …… 139
矿井供电系统（见**机电卷**）
矿井变电所 …… 135
井下照明灯具 …… 129
矿井信息系统 …… 169
矿井工业场地总布置 …… 140
煤矿地面建筑岩土工程 …… 229
矿井工业建（构）筑物 …… 142
井架 …… 102
井塔 …… 105
井口房 …… 104
提升机房 …… 300
通风机房 …… 302
风道 …… 64
空气压缩机房 …… 133
翻车机房 …… 59
栈桥 …… 348
筛分楼 …… 287
选矸楼 …… 316
储煤场 …… 18
贮煤仓 …… 352
生产辅助建筑 …… 289
行政公共建筑 …… 315
矿灯房 …… 134
井口浴室 …… 104
矿井地面给排水系统 …… 136
矿井供热系统 …… 142
井筒防冻空气加热室 …… 110
矿井建设技术经济 …… 144
井巷工程 …… 96
矿井施工辅助工作 …… 162
钻眼爆破 …… 389
钻眼（凿岩） …… 387
岩石可钻性 …… 326
岩石坚固性系数（普氏系数） … 323
炮眼 …… 260
破岩 …… 262
岩石可爆性 …… 324
炸药 …… 343
铵梯炸药 …… 1
铵油炸药 …… 2
乳化炸药 …… 282
浆状炸药 …… 88
硝化甘油类炸药 …… 306
岩石炸药 …… 328
煤矿许用炸药 …… 244
被筒炸药 …… 14
当量炸药 …… 21
离子交换炸药 …… 209
抗水炸药 …… 132
低密度炸药 …… 24
猛炸药 …… 256
药卷 …… 331
静态破碎 …… 129
装药 …… 360
起爆 …… 268
〔矿用起爆材料〕
导火索 …… 23
导爆索 …… 22
延期索 …… 331
导爆管 …… 21
雷管 …… 208
火雷管 …… 85

电雷管 …… 29
延期电雷管 …… 329
瞬发电雷管 …… 293
电磁感应雷管 …… 27
煤矿许用电雷管 …… 244
抗静电电雷管 …… 132
抗杂散电流电雷管 …… 132
无起爆药雷管 …… 305
导爆管雷管 …… 22
毫秒继爆管 …… 79
发爆器 …… 57
爆破 …… 4
爆破掏槽 …… 12
控制爆破 …… 134
光面爆破 …… 69
毫秒爆破 …… 78
预裂爆破 …… 333
松动爆破 …… 294
定向抛掷爆破 …… 35
聚能爆破 …… 130
压渣爆破 …… 323
台阶爆破 …… 296
深孔爆破 …… 288
压气爆破 …… 322
拆除爆破 …… 16
水压爆破 …… 293
药壶爆破 …… 331
硐室爆破 …… 53
二次爆破 …… 56
静态破碎 …… 129
爆破安全 …… 9
井巷支护 …… 100
井巷围岩应力 …… 100
立井井筒地压 …… 212
巷道地压 …… 73
软岩支护 …… 283
锚喷支护 …… 227
锚喷网支护 …… 226
锚杆支护 …… 222
锚索支护 …… 227
喷射混凝土支护 …… 260
混凝土外加剂 …… 83
〔巷道支护〕
砌碹 …… 276
木支架 …… 257
巷道金属支架 …… 77
钢筋混凝土支架 …… 66
混合支架 …… 83
壁后充填 …… 14
新奥法 …… 313
〔井筒支护〕
砌壁 …… 270
砌壁模板 …… 270
井圈背板 …… 105
吊挂井壁 …… 32
丘宾筒 …… 278
井巷施工 …… 99
普通凿井法 …… 263
井筒检查钻孔 …… 111
立井施工作业方式 …… 219
一次成井 …… 332
井筒掘进 …… 112
凿井设备 …… 339
凿井井架 …… 336
凿井天轮 …… 342
凿井提升机 …… 342
凿井绞车 …… 335
〔凿井排水设备〕
吊泵 …… 31
潜水泵 …… 277
腰泵房 …… 331
〔凿井钻架〕
伞形钻架 …… 285
环形钻架 …… 81
临时改绞 …… 221
吊盘 …… 32

吊桶 …… 32
稳绳 …… 304
滑架 …… 80
抓岩机 …… 357
安全梯 …… 1
凿井设备布置 …… 340
凿井管缆悬吊 …… 335
井壁吊挂凿井管缆 …… 89
立井井筒延深 …… 213
反井施工 …… 59
反井钻机 …… 61
斜井施工 …… 309
斜井桥台 …… 308
防跑车装置（见**机电卷**）
施工箕斗 …… 290
平巷掘进 …… 261
岩石平巷掘进 …… 328
煤巷掘进 …… 227
半煤岩巷掘进 …… 3
一次成巷 …… 332
正规循环作业 …… 349
巷道工作面调车 …… 74
调车盘 …… 34
调车器 …… 34
浮放道岔 …… 64
〔斜巷掘进〕
上山施工 …… 287
下山施工 …… 306
巷道交岔点施工 …… 76
硐室施工 …… 53
井巷特殊施工 …… 99
钻井法凿井 …… 366
钻井泥浆 …… 381
钻井井壁 …… 376
井筒钻进 …… 116
〔钻井设备〕
钻井井架 …… 378
钻井机 …… 367
钻井机施动与控制 …… 372
钻井机提升系统 …… 370
钻井机旋转系统 …… 375
钻井钻具 …… 383
钻井打捞工具 …… 362
封口平车 …… 63
钻井法井场布置 …… 365
钻井井径井斜测量 …… 379
冻结法凿井 …… 43
立井冻结 …… 210
斜井冻结 …… 307
冻结壁 …… 36
人工冻土 …… 280
冻结壁温度场 …… 38
冻结孔 …… 45
冻注两用钻机 …… 50
冻结制冷 …… 49
凿井用冷冻机 …… 343
冷冻站 …… 208
冻结循环系统 …… 48
〔冻结工艺〕
积极冻结 …… 86
维护冻结 …… 304
温度观测孔 …… 304
水文观察孔 …… 292
电磁盐水流量检测仪 …… 28
冻结温度检测 …… 47
冻结压力 …… 48
冻结管断裂 …… 43
液氮冻结 …… 332
无盐水冻结 …… 305
〔冻结井筒施工〕
冻结段掘进 …… 41
冻结段支护 …… 41
注浆技术 …… 355
注浆材料 …… 355
单液水泥浆 …… *21*
水泥-水玻璃浆液 …… 291

粘土水泥浆 …… 258
化学浆液 …… 80
预注浆 …… 334
地面预注浆 …… 27
工作面预注浆 …… 67
止浆垫 …… 349
岩帽 …… 323
注浆结束标准 …… 356
后注浆 …… 80
〔注浆工艺〕
裸巷注浆 …… 221
预处理注浆 …… 333
置换注浆 …… 350
多孔同层注浆 …… 55
定向孔注浆 …… 35
旋喷法注浆 …… 315
综合注浆法 …… 362
注浆设备 …… 356
沉井法凿井 …… 17
触变泥浆淹水沉井法 …… 18
震动沉井法 …… 348
降低水位法 …… 89
板桩法 …… 3
煤矿地面建筑施工 …… 228
矿井井塔结构施工 …… 151
选煤厂施工 …… 318
煤矿机械厂厂房结构施工 …… 230
煤炭企业工程抗震 …… 254
煤矿机电设备安装 …… 229
矿井地面生产系统设备安装 …… 138
立井井筒装备安装 …… 217
立井井筒装备防腐 …… 218
〔矿井提升设备安装〕
提升机机械设备安装 …… 300
提升机电力拖动系统安装 …… 297
提升容器安装 …… 302
钢井架安装 …… 66
井塔预建整移 …… 108
排水系统设备安装 …… 259
通风系统设备安装 …… 302
压缩空气系统设备安装 …… 322
计量装置安装 …… 86
自动定量装车系统设备安装 …… 361
〔供电系统设备安装〕
地面供配电设备安装 …… 24
井下供配电设备安装 …… 123
电缆敷设 …… 29
选煤厂设备安装 …… 317
煤炭工业基本建设管理 …… 251
煤矿建设 …… 231
煤炭工业基本建设程序 …… 247
煤炭工业基本建设项目 …… 252
煤矿建设项目管理 …… 239
煤矿建设项目后评价 …… 240
煤炭工业建设企业资质管理 …… 254
煤矿建设工程监理 …… 235
煤矿建设招投标 …… 241
煤矿建设定额 …… 232
矿井设计概算 …… 161
矿井施工图预算 …… 165
矿井建设工期 …… 143
煤矿建设施工管理 …… 237
煤矿施工规范 …… 242
煤矿建设施工组织设计 …… 238
施工场地总平面布置 …… 289
施工准备 …… 291
矿井建设施工顺序 …… 150
主、副井交替装备 …… 350
矿井开工 …… 153
矿井投产 …… 167
煤矿建设工程质量管理 …… 236

彩图插页目录

兖州矿务局鲍店矿井地面建筑 …… 1
新汶矿务局翟镇矿井工业场地 …… 1
夕阳红 …… 1
淮南市新集矿井建成投产 …… 2
平顶山矿务局矿区之夜 …… 2
开滦矿务局钱家营矿井地面生产系统 …… 2
矿区铁路 …… 3
矿区铁路装车环线 …… 3
铁路专用线施工 …… 4
矿区架空索道运输 …… 4
凿井井架 …… 5
生产凿井两用井架 …… 5
立井施工 …… 5
井筒掘进 …… 6
凿井提升机 …… 6
立井滑模砌壁 …… 6
井底车场 …… 7
巷道交岔点 …… 7
巷道金属支架 …… 7
井下轨道巷 …… 8
岩巷掘进 …… 8
直径 5m 全断面掘进机 …… 9
部分断面掘进机 …… 9
钻装机 …… 9
巷道综合掘进机 …… 10
侧卸式装岩机 …… 10
伞型钻架 …… 10
钻井法凿井 …… 11
钻井现场晨曦 …… 11
L40/800 型钻井机 …… 12
中国产 9m 钻井机 …… 12
超前钻头 …… 12
扩孔钻头 …… 13
钻井井壁底 …… 13
下沉钻井井壁 …… 13
下沉钢板—混凝土复合井壁 …… 14
地面预制钻井井壁 …… 14
钻井法凿井壁后充填系统 …… 14
利用专用钻机施工冻结孔 …… 15
冻结孔施工 …… 15
冷冻站 …… 16
冻结系统 …… 16
低温盐水管路 …… 16
LM—120 型反井钻机 …… 17
反井钻机扩孔钻头 …… 17
地面预注浆 …… 18
工作面预注浆 …… 18
淹水沉井法凿井 …… 18
新建成的济宁二号副井井塔 …… 19
井塔施工夜景 …… 19
井塔平移 …… 20
井架整体吊装 …… 20
井塔滑模施工 …… 20
箕斗提升设备 …… 21
提升机安装 …… 21
钢丝绳带式输送机提升机 …… 22
凿井提升机 …… 22
空气压缩机房 …… 23
瓦斯抽放站 …… 23
矿区坑口电站 …… 24
坑口电站凉水塔施工 …… 24
22 万千瓦变电站 …… 25
井下配电室 …… 25
矿区水厂 …… 26
矿区污水处理厂 …… 26
井下主排水泵硐室 …… 26
鲍店选煤厂 …… 27
选煤厂沉淀池 …… 27

选煤厂贮煤仓施工 …… 28
选煤厂倒锥型贮煤仓施工 …… 28
贮煤仓滑模施工 …… 28
矿区煤气制气厂 …… 29
矿区煤气制气厂制气车间 …… 29
矿区煤气制气厂、高压球罐 …… 29
矿区水泥厂 …… 30
煤矿宾馆 …… 30
煤矿职工单身公寓 …… 30
采压控制爆破技术爆破拆除
“白天鹅大酒店” …… 31
定向爆破朱庄矿烟囱 …… 31
阜新海州露天煤矿 …… 32
施工中的黑岱沟煤矿 …… 32
露天煤矿剥离现场 …… 32

A

anquanti

安全梯 (safety ladder) 立井凿井时，悬吊于井筒工作面上方，供紧急情况下人员安全升井的金属梯子。立井浅表土施工时使用的软梯，以及基岩掘进时吊盘到工作面之间的软梯也属于安全梯。中国《煤矿安全规程》规定：开凿或延深立井时，井筒内必须设有专供人员出井的安全设施，以便在提升设备发生故障时使用。

中国设计的立井掘进安全梯，最多5段，总长32.13m，一次提升容纳20人左右，用安全梯专用绞车悬吊和提升。在安全梯悬吊连接装置上设有缓转器，可防止提升时安全梯旋转，保证人员的安全。安全梯还设有活动扶手护圈，平时折叠，以减少在井筒内占用的空间和防止同其他设备碰撞，提升人员时将护圈放平，每个圈内站一人，以保护人员安全。

立井掘进安全梯应尽量选用不旋转钢丝绳，其安全系数不得低于9；连接装置安全系数不小于13。在正常施工中，必须随时观察安全梯上下移动情况，不得与相邻悬吊物相碰撞或挂住，而发生事故。安全梯不得作任何其他用途。

软梯用钢丝绳绑扎制成，长度不超过20m，结构简单易于制作，使用轻便、灵活，占空间小，使用时不易与其他设备碰撞，而且可随时收、卷或接长，装、拆、运输都较方便，供短距离内人员上下使用。

安全梯专用绞车 凿井时专用于悬吊和提升安全梯的凿井绞车（稳车）。根据中国《煤矿安全规程》和《矿山井巷工程施工及验收规范》的规定，安全梯专用绞车悬吊能力不得小于50kN，电机应有两回路供电线路，其中的一回路应直接由变电所或配电所馈出，并须有手摇提升装置。

$JZA_2$5/800型凿井绞车为中国安全梯专用绞车（字母“A”代表“安全”）。它的钢丝绳最大静张力50kN，单卷筒，卷筒直径630mm，宽度1000mm，容绳量800m，钢丝绳直径28mm，平均绳速12m/min，电动机功率22kW。该凿井绞车既可电动也可手动。

JZA5/1000A型安全梯专用绞车钢丝绳最大静张力50kN，单卷筒，卷筒直径630mm，宽度1000mm，容绳量1000m，钢丝绳直径28mm，绳速2～20m/min，电动机功率22kW。该绞车具有三种驱动方式，既可手动，又可电动，当停电时还可用汽车轮拖动，提升速度每分钟达20m，比人力手摇的速度快10倍，比单独设临时柴油发电机组供电要经济、可靠。

（汪元垣）

anti zhayao

铵梯炸药 (AN - TNT containing explosive) 以硝酸铵为主剂，以梯恩梯为敏化剂加入可燃剂（木粉等）组成的混合炸药。为了在潮湿的炮孔中应用，制造时加入抗水剂。煤矿许用铵梯炸药还含有消焰剂。

铵梯炸药组成简单、成本低、使用方便，但防水性能差、易结块、容易产生爆燃，且梯恩梯有毒。按照应用范围，铵梯炸药分为岩石炸药、露天炸药和煤矿许用炸药。

露天（铵梯）炸药只适用于地面或露天矿爆破作业，其炸药组成较岩石（铵梯）炸药梯恩梯含量较少，威力较低。按组成不同，有1号、2号、3号、抗水1号、抗水2号五个品种，其中3号露天炸药和抗水2号露天炸药用得较多。由于铵油炸药、浆状炸药和乳化炸药在露天矿广泛应用，原有的露天炸药正逐渐被取代。

煤矿许用（铵梯）炸药为经主管部门批准，允许在有瓦斯或煤尘爆炸危险的煤矿井下工作面或工作地点使用的铵梯炸药。中国煤矿许用（铵梯）炸药主要成分是硝酸铵、梯恩梯、消焰剂（食盐）和可燃剂（木粉）。有1号、2号、3号、抗水1号、抗水2号和抗水3号六个品种，允许在相应级别的瓦斯矿使用。以煤矿许用铵梯炸药作药芯在其外部包裹消焰剂的被筒炸药仅在极个别地方使用。

参考书目

煤矿火工技术编写组，《矿用炸药》，煤炭工业出版社，1978。

Urbanski. Chemistry and technology of explosives. 4 Pergamon Press. New York. first edition 1984。

（梁煜祥）

anyou zhayao

铵油炸药 （ammonium nitrate fuel oil mixture） 又称“铵油爆破剂”。由硝酸铵、燃料油和木粉等组成的硝酸铵类炸药，分为粉状铵油炸药和粒状铵油炸药。比重大于1的为重铵油炸药。铵油炸药组成简单、价格低廉、容易加工、使用安全、便于机械化装药，但爆轰感度和作功能力都较低、不抗水。

粉状铵油炸药呈粉末状，可由硝酸铵、燃料油、木粉组成，有的品种由沥青、松香、石蜡代替燃料油，常做成大直径药包用于露天矿爆破。在有水的炮孔中使用需采用防水外壳。

粒状铵油炸药由多孔粒状铵油炸药与乳胶基质混合而成，比重大于1，抗水性能好，可用于露天矿中硬以上岩石有水炮孔爆破。

参考书目

煤矿火工技术编写组.《矿用炸药》.煤炭工业出版社，1978。

Urbanski. Chemistry and technology of explosives. 4 Pergamon Press. New York. first edition 1984。

（梁煜祥）

anjing

暗井 （blind shaft） 又称盲井。不直接通达地面的立井或斜井。暗井提升设备置于井下，井下必须设置较大硐室。

暗井一般应用在矿井水平延深、改扩建矿井以及平硐开拓较长下山的煤层时。矿井延深采用暗斜井较多，暗斜井装备带式输送机运煤，可延深多水平，提升费用比暗立井低，能使提升系统胶带化，便于自动控制。20世纪80年代后期，缓倾斜煤层的大型矿井，为适应高产高效工作面装备的要求，采用单轨吊、齿轨车、卡轨车等新型辅助运输设备，相应地暗副井也采用暗斜井。

（张之浚）

B

banzhuangfa

板桩法 (sheet piling method) 在不稳定地层中，沿井筒（巷道）荒径外缘先密集地打入板桩作为超前临时支护，然后进行掘砌的井巷施工方法。

板桩有木板桩、钢板桩和钢筋混凝土板桩等多种，板桩之间由不同结构的榫槽联接，形成封闭的整体，以提高支护能力和防止涌水冒砂。板桩是强迫插入地层的，根据动力不同可采用吊锤、汽锤、柴油桩机和震动桩机。

板桩法用于通过厚度不大的浅部含水层，且静水压力小、无卵石夹层、底部又有隔水层的凿井工程，既可应用于工程的整体，也可用于工程的局部，是一种比较方便灵活的技术措施，该法也应用于各种基坑、桥基、码头等工程。

（张永成）

banmei yanhang jiejin

半煤岩巷掘进 (coal-rock drift excavation)

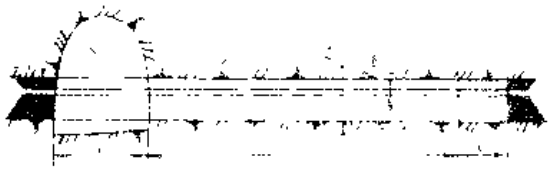
又称煤-岩巷掘进。进行半煤岩巷开挖和临时支护的作业。根据掘进断面中岩石位置的不同，有挑顶、卧底和挑顶卧底三种掘进方式，一般尽量采用卧底方式，以保证顶板的完整性和稳定性，只有在煤层上部具有不易保留的薄层假顶时，才采用挑顶的方式。此外，为充分利用煤炭资源，有条件时可以采用宽工作面掘进法。

半煤岩巷掘进方法有钻眼爆破法和掘进机法两种。在钻眼爆破法掘进中，由于煤层较软，掏槽眼多布置在煤层内，钻眼多用煤电钻。

半煤岩巷掘进的施工组织有两种形式，一种是煤、岩分掘分运，另一种是煤、岩不分，全断面一次掘进。全断面一次掘进施工组织简单，掘进速度快，中国普遍采用，其缺点是煤的含矸率大。分掘分运可以保证煤的质量，但施工组织较复杂，采用分掘分运形式时，一般煤层工作面超前岩石工作面 2～7m，呈台阶状。

宽工作面掘进法 在半煤岩巷道掘进中，挖掘煤层的宽度大于巷道设计宽度，并将宽出的部分用矸石充实填满。

掘进时，须煤岩分掘，煤层工作面超前岩石工作面 2～7m，宽度大于巷道设计宽度的尺寸，以容纳挑顶或卧底以后的全部松散矸石量来确定，如图所示：



宽工作面掘进法示意图

宽度 b 的计算公式为：

$$b=\frac{K\left[(a+c)\,m'+S_k+S_n\right]}{m-m'K}$$

式中 m 为煤岩厚度，m；S_k 为巷道挑顶岩石的面积，m^2；S_n 为巷道卧底岩石的面积，m^2；m' 为夹石层及伪顶厚度，m；K 为岩石松动系数；a 为设计巷道宽度，m；c 为留回风巷宽度，m，$c=1\sim1.5$m。

宽工作面掘进法减少了矸石的运输和提升工作量，并能多回收煤炭，在提升、运输能力不足和煤炭供应紧张的情况下采用。在有底鼓巷道中使用这种方法，可以减少底鼓现象。但是，由于煤层顶板暴露面积大、充填不易密实、支架压力大、容易积聚瓦斯，故只在地压小、服务年限短、瓦斯含量不大的缓倾斜煤层的矿井中采用。

挑顶 在巷道中挑落部分顶板岩石的作业。在半煤岩巷掘进中，将断面内煤层以上的岩石掘出是挑顶作业常见的形式，这种方法破坏了顶板岩石的完整性和稳定性，增加了维护顶板的困难。

在巷道或硐室施工中，为了扩大断面或由于顶板欠挖，须挑落部分顶部岩石是挑顶作业的又一种形式。

卧底 又称“挖底”、“起底”，在巷道中挖去部分底板岩石的作业。在半煤岩巷掘进中将断面内煤层下

部的岩石掘出是卧底作业常见的形式，它保证了顶板的完整性和稳定性，在半煤岩巷掘进中采用较为普遍。在巷道或硐室施工中为了扩大断面或由于底板欠挖、巷道底鼓，须挖掘部分底部岩石是卧底作业的又一种形式。

参考书目

淮南矿业学院编，《井巷工程》第二分册，煤炭工业出版社，1980。

中国矿业学院编，《井巷设计与施工》，中国矿业学院出版社，1986。

沈季良等主编，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1986。

（张东文　周文斌）

baopo

爆破　(blasting)　用炸药破碎物体的作业。为达到预期的爆破效果以及在实施爆破过程中的高度安全，需针对不同的爆破对象、爆破要求及爆区周围环境，采用不同的爆破技术与方法。

爆破原理　炸药在岩体(或其他介质)中爆破时释放出来的能量是以冲击波和爆轰气体膨胀压力的方式作用在岩体上，并在岩体内引起应力波的传播，在应力波和气体压力作用下使岩体破坏。炸药的埋置深度不同，爆破作用和效果将不同。

若将一个球形药包埋在无限深的均质岩体中爆破，药包周围的岩体随与药包中心距离不同将承受不同的爆破作用并呈现不同的破碎特征，见图1。直接与药包接触的岩体将受到超高压冲击波的冲击和压缩作用，若岩体具有可压缩性，将形成扩大的空腔，称压缩区，多数坚硬岩石压缩区范围很小。岩体受到强烈冲击和压缩后将被压碎，形成压碎区，其半径一般为药包半径的2～3倍。压碎区以外的岩体，受到衰减后应力波的径向压缩作用而引起切向拉伸，当拉伸应力超过岩体的极限动抗拉强度时，便在药包周围产生放射状裂隙(径向裂隙)，爆炸产生的高压气体挤入径向裂隙中，促使裂隙进一步扩大和延伸，同时应力波迅速衰减，受压缩的岩体迅速卸载并发生反向的径向运动，产生环状的拉伸裂隙(环向裂隙)。径向与环向裂隙相互交错，将岩体割裂破碎，形成裂隙区。随着应力波在传播过程中的急剧衰减，裂隙区之外的岩体只能引起岩石质点作弹性震动，形成震动区。

若将炸药埋于岩体内距自由面一定深度时，爆炸后在岩体内传播的应力波在自由面产生反射拉伸波。由于入射和反射应力波的叠加作用和爆生气体的膨胀作功，药包和自由面之间的岩体将被破碎，自由面附近

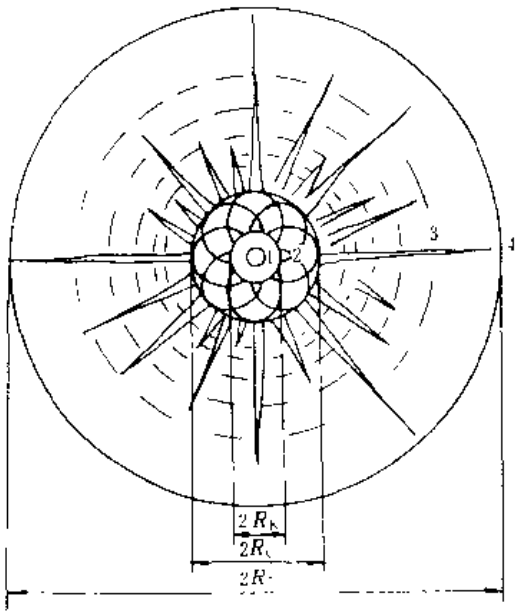


图1　无限岩体中炸药爆破破坏图象

1—扩大的空腔；2—压碎区；3—裂隙区；4—震动区

R_K—空腔半径；R_C—压碎区半径；R_P—裂隙区半径

的岩体有可能被拉断、片裂，内部岩体的裂缝将被扩展、伸长，部分岩块被抛掷，在自由面处形成爆破漏斗。

按照不同的爆破要求、目标，可以采用不同的爆破方法。①按装药形式分为炮眼爆破法和硐室爆破法。炮眼爆破有浅眼爆破法、深孔爆破法和药壶爆破法，广泛用于井巷掘进、采矿、隧道掘进、采石等工程。硐室爆破法有集中药包法和条形药包法，用于开山、筑路、填海，矿山基建剥离等大量土石方爆破。②按对岩石破坏形态分为松动爆破和抛掷爆破。松动爆破是将从药包布置地点直到地表的岩石破碎成不同尺寸的岩块，没有抛掷。抛掷爆破是将已破碎的部分岩块向某一方向抛掷一定距离，如水利工程上常用的定向抛掷爆破筑坝。③按爆破地点不同分为露天爆破、井下爆破和水下爆破。井下爆破作业空间小、通风条件差，尤其是煤矿井下有瓦斯和煤尘爆炸危险，对爆破安全要求高。水下爆破施工作业异常困难，必须保证炸药和起爆材料的抗水性。露天爆破作业环境较好。④按控制爆破作用或效应分为光面爆破、预裂爆破、聚能爆破、定向爆破、压渣爆破、水压爆破、拆除爆破等。这些爆破方法均采用一些特殊措施或爆破器材，实现对爆破作用或效应的某些控制，达到特殊的爆破要求。

现状与发展　早在公元7世纪，中国就发明了黑火药。17世纪20年代，黑火药使用到采掘工程，诞生了爆破技术。19世纪下半叶，相继出现了各种新型炸

药（硝化甘油炸药、硝酸铵类炸药）、雷管和凿岩机具，形成了近代爆破技术，进入20世纪，爆破器材和爆破技术有了新的发展，20年代后出现了导爆索、延期电雷管、毫秒电雷管以及非电起爆材料；30年代开始，深孔爆破在地下采矿中得到应用。随后毫秒爆破、硐室大爆破、定向抛掷爆破以及拆除爆破等亦得到广泛使用；50年代初铵油炸药得到了推广应用，随后出现了浆状炸药、水胶炸药和乳化炸药等含水炸药，炸药发生重大变革又促进了爆破技术的发展。

20世纪50年代以来，中国在爆破材料和爆破技术上有着迅速发展，有了比较齐全的工业炸药和新型的起爆材料。在工程爆破方面采用深孔爆破落矿和硐室大爆破，1956年在甘肃白银厂露天铜矿进行了三次硐室大爆破，其中一次用药量为9314.7t，是当时世界采矿爆破规模最大的一次；1971年在狮子山矿区进行了万吨级炸药的露天大爆破；1992年在珠海市炮台山硐室大爆破中，用药量12000t，总爆破量10852000m³，至今仍是世界上工程爆破规模最大的一次。50年代采用控制爆破技术，发展了多种爆破技术和新型爆破器材。60年代，在矿山、铁路和公路建设中大量推广应用光面爆破和预裂爆破。在水利建设上近30年进行了约60次定向爆破筑坝。1960年广东省南水定向筑坝一次用药量为1394t，按预定方向堆石1050000m³，堆积平均坝高62.3m，准确率达96%，达到世界先进水平。70年代后期，控制爆破从开山劈石发展到建筑物拆除爆破，控制爆破技术得到不断发展和创新。

最小抵抗线 从装药重心到自由面的最短距离。球状药包就是药包中心到自由面的最短距离；柱状药包是药包长度的中心到自由面的最短距离。它是工程爆破设计的一个重要参数。

爆破时在最小抵抗线方向上遇到的阻力最小。最小抵抗线方向是岩石破碎、抛掷和堆积的主导方向。如果装药量为Q（kg），最小抵抗线为W（m），根据体积定律得：

$$Q=KW^3$$

式中K为单位炸药消耗量，kg/m³。其值与岩石性质、岩体结构、爆破类型有关。

当岩体中存在结构面（岩石不连续面）且结构面延伸长、密度大、产状适宜、强度又相对较低时，最小抵抗线可能发生变化。此时最小抵抗线方向必须将装药重心到自由面和到结构面的阻力进行综合比较，选其阻力最小的方向为最小抵抗线方向。

在露天台阶爆破中，为了克服台阶底部较大阻力，常用底盘抵抗线$W_底$表示，它是药柱轴线至台阶坡底线的距离。

自由面 被爆介质与空气的接触面。在爆破中遇到的自由面数目可以有1～6个，见图2。当被爆介质有两个以上自由面时，通常把抵抗线最小的一侧称主自由面，其余称为副自由面。台阶爆破中主副自由面的位置见图3。

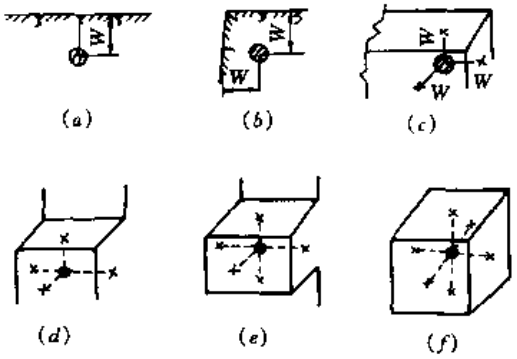


图2 自由面

a—1个自由面；*b*—2个自由面；*c*—3个自由面；*d*—4个自由面；*e*—5个自由面；*f*—6个自由面；
•—表示介质中的药包重心；
×—表示包药中心在自由面上的投影位置

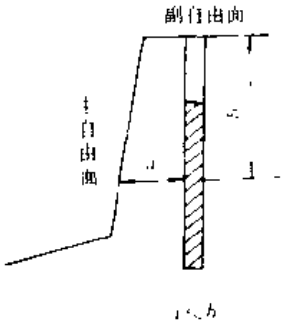


图3 主副自由面位置图

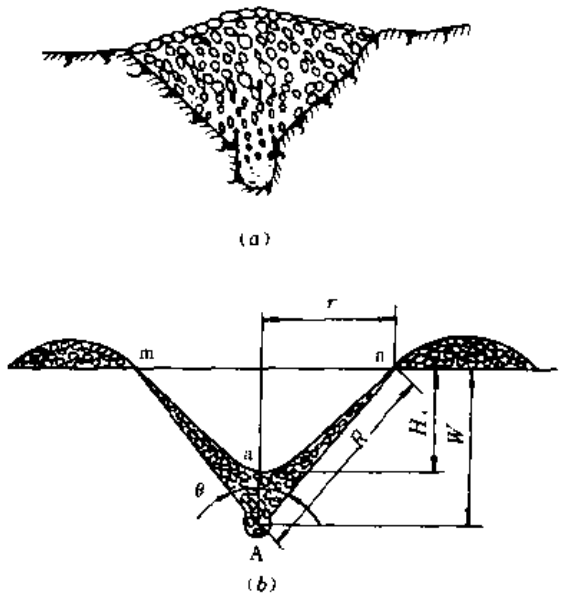
自由面在爆破过程中是形成爆破漏斗的重要条件，药包爆破时破碎的介质体积随自由面数量增加而增加。在岩体爆破时，会创造新的自由面（如井巷掘进爆破中的掏槽，台阶爆破中的V型起爆顺序等），以提高炸药能量的利用率，改善爆破效果。

爆破漏斗 装药在介质内爆破后于自由面处形成的漏斗形爆坑。集中装药爆坑为倒圆锥形，见图4。构成爆破漏斗的几何要素有爆破漏斗半径r（爆破漏斗锥底圆的半径），最小抵抗线W，漏斗破裂半径R，漏斗可见深度H_c，漏斗张开角θ。

通常用爆破作用指数n来反映爆破的性质和爆破

作用，它是爆破漏斗半径 r 与最小抵抗线 W 的比值，即 $n=r/W$。当 $n<0.75$ 时，为松动爆破；当 $0.75\leqslant n<1$ 时，为减弱抛掷爆破或加强松动爆破；当 $n=1$ 时，为标准抛掷爆破；当 $1<n<3$ 时，为加强抛掷爆破。

爆破参数 爆破工程中表明炮眼规格布置、炸药数量和填装方式的参数。井巷掘进爆破参数主要包括：单位炸药消耗量，即爆破单位体积原岩（煤）消耗的炸药质量；炮眼直径；炮眼深度；炮眼数目；炮眼间距和圈距；掏槽眼、周边眼和辅助眼的装药量等。露天台阶爆破的主要参数包括：单位炸药消耗量；炮眼直径；炮眼深度；底盘抵抗线（在台阶底板平面上，自坡角至第一排炮眼中心的距离）；炮眼间距和排距；炮眼密集系数（炮眼间距与底盘抵抗线的比值）；装药长度系数等。



(a)　(b)

图 4　爆破漏斗

a—松动爆破；b—标准抛掷爆破

mAn—抛掷漏斗范围；mEn—可见漏斗范围；

H_c—漏斗可见深度；W—最小抵抗；

θ—漏斗张开角；r—爆破漏斗半径；R—漏斗破裂半径

爆破图表 用于显示爆破条件、爆破参数和预期效果的图和表。它是爆破工程施工的依据。

井巷掘进爆破中，爆破图表主要包括：炮眼布置（平、剖面）图；爆破参数表；主要爆破条件表；预期爆破效果表等。根据爆破工程的特殊要求，尚需绘制其它必要的图，如装药结构图；重要的爆破项目或一次起爆的电雷管数目较多时，还需绘制爆破网路图。某煤矿主要运输石门采用光面爆破方法的爆破图表是有一定代表性的典型，现举例如图 5、表 1～3。

表 1　爆破原始条件

项　目	单位	数　量	名　称
巷道名称			主要运输石门
掘进断面	m^2	11.43	
巷道断面形状			三心拱
岩石名称及坚固性系数(f)		4～6	砂岩及砂质岩
工作面瓦斯情况			无
工作面涌水情况			无

表 2　炮眼布置及装药量

眼　号	炮眼名称	炮眼深度 (m)	炮眼长度 (m)	装药量		角　度		爆破顺序	联线主式
				卷/眼	小计(卷)	水　平	垂　直		
1～6	掏槽眼	2.2	2.27	8	48	75°		I	串
7～19	辅助眼	2.0	2.0	6	78			II	
20～25	帮　眼	2.0	2.0	2	12			III	
26～34	顶　眼	2.0	2.0	2	18			IV	
35～41	底　眼	2.0	2.0	6	42			V	
42	水沟眼	2.0	2.0	6	6			V	联
共　计			85.6		204				

爆破网路 向成组或大量雷管输送起爆能的网路。根据起爆方法不同有电爆网路、非电起爆网路（导爆索网路，导爆管网路）和复式起爆网路（电爆网路和非电起爆网路同时使用）。

电爆网路是给成组的电雷管输送起爆电能的网路。由起爆电源、爆破母线（连接电雷管脚线与起爆电源的导线），连接线和电雷管脚线连接组成。起爆电源有发爆器和动力或照明线路交流电两种，在煤矿井下只能采用发爆器，在立井掘进中可采用动力或照明线路交流电为起爆电源。爆破母线是从起爆站至爆破工作面的输电线，一般为专用两芯电缆（线），连接线与各雷管脚线相接并接在爆破母线上。

表 3 预期爆破效果

名 称	单 位	数 量
炮眼利用率	%	0.85
每循环工作面进尺	m	1.7
每循环爆破实体岩石	m^3	19.5
每立方米岩石炸药消耗量	kg/m^3	1.56
每米巷道炸药消耗量	kg/m	18.0
每循环炮眼总长度	m	85.6
每立方米岩石雷管消耗	个/m^3	2.15
每米巷道雷管消耗量	个/m	24.7

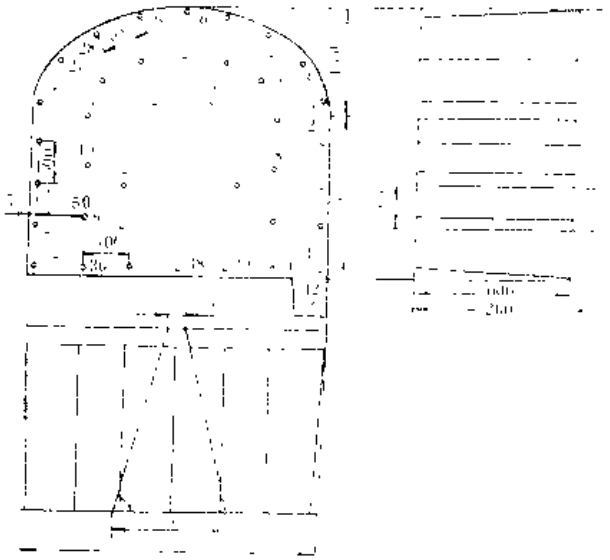


图 5 炮眼布置图

电爆网路有串联、并联和混联三种类型，见图 6。①串联。联线简单、易于操作和检查。在使用一般类型发爆器时，常采用串联网路。②并联。网路中个别雷管导通与否不影响整个网路的通断；联线简单，网路所需的总电流较大。并联方式有簇并联和分段并联二种。它们的区别在于后者在联线中需采用区域线。在立井井筒掘进中，采用 380V 交流电整流或大功率发爆器作为起爆电源时，常用分段并联网路。为减少区域线电阻的影响，可采用闭合反向分段并联网路。③混联。与前两种联线方式相比，在同样条件下能起爆的电雷管数目最多。混联有串并联和并串联二种方式。串并联网路中，通入每个电雷管的电流值达最大的分支组数 m 可根据下式计算：

$$m = (N \cdot r/R_m)^{1/2}$$

式中 N 为待起爆的网路电雷管总数；r 和 R_m 分别为电雷管电阻和爆破母线电阻，Ω。

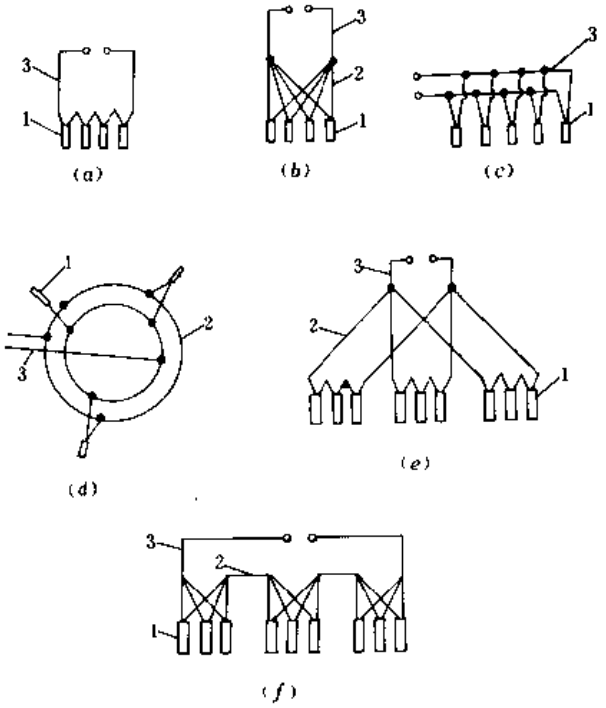


图 6 电爆网路联线方式

a—串联；b—簇并联；c—分段并联；d—闭合反向并联；e—串并联；f—并串联；

1—雷管；2—区域线；3—母线

在各种联线方式中，通入每个电雷管电流值的计算公式，见下页表 4。不管采用何种联线方式，为保证网路内全部雷管起爆，通入每个雷管的电流值应大于或等于雷管的准爆电流。

导爆索起爆网路由主干索、支干索和引入每个深孔或硐室的引爆索组成。导爆索网路有并联网路（又称分段并联网路）和环形网路（又称双向并联网路）两种。如图 7 所示。导爆索之间的连接采用搭接或扭接，搭接或扭接的长度不小于 100mm，并用绳或铅丝缠紧。环形网路的特点是引爆索可接受两个方向传来的爆轰波，起爆的可靠性较开口网路高，但导爆索耗量大。

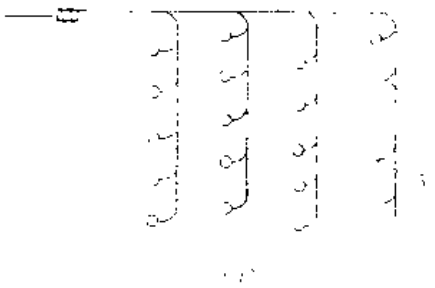
导爆索网路操作技术简单，当在网路中的适当位置安装毫秒继爆管时，可实现毫秒延期爆破。一次起爆破炮孔数不受限制，可用于台阶深孔爆破、硐室爆破、光面爆破、预裂爆破，其缺点是成本高，起爆前不能用仪表检查网路质量，爆破时噪音大。

导爆管起爆网路的连接方法是在串联和并联基础上的混合连法，有并并联，并串并联等型式，如下页图 8 所示。导爆管起爆系统可实现毫秒延期爆破，其方法有孔内延期（如下页图 8 即是）和孔外延期两种，前者是将各段别的毫秒雷管装于炮孔内，以雷管的段别实现毫秒爆破，后者是在孔内均装即发雷管，将不同段别

表 4 电爆网路电流计算公式

网路形式		网路总电阻（Ω）	网路电流	
			总电流（A）	雷管电流（A）
串联		$R=R_m+R_o+Nr$	$I=U/R$	$i=I>I_g$
并联	簇并联	$R=R_m+R_o+r/N$	$I=U/R$	$i=I/N>I_g$
	分段	$R=R_m+(R_o+r)/N$	$I=U/R$	$i=I/N>I_g$
混联	串并联	$R=R_m+(R_o+nr)/m$	$I=U/R$	$i=I/m>I_g$
	并串联	$R=R_m+R_o+nr/m$	$I=U/R$	$i=I/n>I_g$

注：R—网路总电阻；R_o—网路区域线总电阻；R_m—爆破母线电阻；
r—雷管电阻；N—网路总雷管数；m—混联时网路分支路；
n—混联时网路每分支中雷管数；I_g—雷管串联准爆电流；U—放炮电源电压（V）。



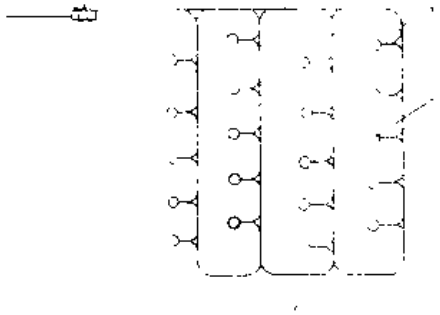
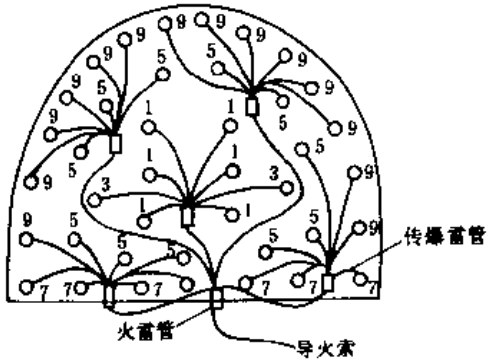


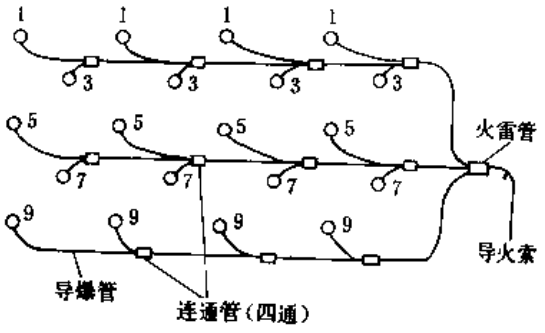
图 7 导爆索网路

a—开口网路；*b*—环形网路

1—火雷管；2—主干索；3—支干索；4—引爆索；5—炮孔



(*a*)



(*b*)

图 8 导爆管起爆网路

a—并并联；*b*—并串并联；1，3，…起爆顺序段

的毫秒雷管作为传爆雷管放于孔外，各个炮孔的响炮时间及顺序由孔外不同段别的传爆雷管控制。

导爆管网路安全可靠，一般不受外来电的影响，成本低，它既可使成组炮孔或硐室同时起爆，也可实现毫秒延期爆破，一次起爆的孔数不受限制，其缺点是起爆前无法用仪表检测网路连接质量，不能用于有瓦斯、煤尘爆炸危险的地点。由于导爆管网路操作简单，适应性强、灵活，已广泛用于露天台阶爆破、硐室爆破和隧道掘进等爆破工程中。

复式起爆网路多用在重要的爆破工程上，以保证起爆的万无一失，有电爆与导爆索网路或双重电爆、双重导爆索网路，由于电爆网路可在起爆前检测网路连接质量。常用的是电爆与导爆索的复式网路。

参考书目

[美] M. A. 库克等，陈正衡等译，《工业炸药学》，煤炭工业出版社，1987。

高晓初，《爆破漏斗试验确定合理爆破参数的研究》，爆破器材，1992。

钮强，《光面爆破机理》，东北工学院出版社，1990。

（王树仁　刘庭辉　林从谋）

baopo anquan

爆破安全　(blasting safety)　防止和消除爆破作业可能产生的有害效应和事故所采取的控制方法和防护技术。包括爆破器材的安全使用和对爆破有害效应（如空气冲击波、爆破震动、飞石、有害气体等）的控制和防护。

安全爆破是爆破设计、施工的立足点，首先是要根据爆破作业环境条件选用安全的火工器材以及适当的爆破方式，而在操作和爆破的实施过程中还要严格遵守爆破安全规程、掌握不安全因素产生的原因和应采取的预防措施而防患于未然。

爆破飞石　在爆炸能的作用下从爆破区抛出飞散的个别岩块。它产生的主要原因是装药量与最小抵抗线选择不当。飞石具有较大的随机性，在硐室爆破中，为确定安全距离，飞石的飞散距离可按下式估算：

$$R=20K_An^2W \qquad (1)$$

式中 R 为飞石的飞散距离，m；K_A 为安全系数，通常取 1.0～1.5；n 为爆破作用指数；W 为最大一个药包的最小抵抗线，m。在确定飞石安全距离中还应考虑地形高差的影响（石块在下落时的蹦跳距离），沿山沟滚动，滑动的范围（特别在有积雪的山坡地可滑滚上千米）。在露天台阶爆破时，可用下式估算

$$R=(40/2.54)\,d$$

式中 R 为飞石飞散距离，m；d 为炮孔直径，cm。在拆除爆破，裸露爆破时，虽有防护，但必须遵照安全规程规定的安全距离。

飞石对人员、建筑物及设备均有较大的危害作用，在爆破过程中，应采取有效的防范措施：①优选爆破参数和最小抵抗线的方向；②药包位置应避免在夹层、断层、裂隙、破碎带的交接面上；③选用摩擦系数大、密度大的材料作炮泥；④采用适宜的炸药和装药方式，如空气间隔装药或低威力炸药；⑤采用废旧轮胎或胶管连成覆盖垫减少飞石的危害。

爆破噪音　炸药爆炸产生的声响。它是爆破产生的空气冲击波衰减后超压低于 7×10^3Pa、频率在 20～20000Hz 可闻域内的压缩波，与一般噪声相比具有持续时间短、脉冲噪声峰压级高的特点。测定爆破噪声通常是指声压、频率和持续时间，它是通过话筒、放大器、计数网路和指示器所组成的声级计频率分析仪，自动记录仪测得由示波器或其他记录仪记录。爆破噪声有害于人体健康、损伤建筑物或其附属装置和影响爆破效果。因此要求爆破噪声小于 140dB。爆破噪声对建筑物的危害表现为强大的爆风，根据日本学者佑德总结的资料，爆风压与建筑物装置破坏的关系如表：

爆风压与建筑物装置破坏关系

爆风压 (×10 Pa)	声压级 (dB)	建筑物装置
0.06	159	窗玻璃开始破坏
0.06～0.1	161～171	窗玻璃部分损坏
0.15～0.2	177～180	窗框和外廊木门破坏

将爆破地点遮蔽或覆盖是降低爆破噪声的有效措施，采用微差爆破、延发爆破、水压爆破都能减少爆破噪声。

爆破空气冲击波　装药爆炸后，空气受到强烈冲击压缩扰动的传播。产生的主要原因是：①炮泥填塞质量不好或未加填塞，爆生气体从孔口逸出；②岩体中的弱层、弱面在爆炸能的作用下张开，成为爆生气体的逸出通道；③被爆岩石被高速抛离原位的活塞作用推动周围的空气运动。

炸药在岩石内爆破时，空气冲击波的强度取决于一次起爆的药量、传播距离、起爆方法和填塞质量。冲击波的峰值压力 P 如下式

$$P=H\left(\frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R}\right)^{\beta}$$

式中 H 为与爆破场地条件有关的系数；β 为冲击波衰减指数（H，β 值可通过实测数据经回归处理获得；Q 为齐发起爆时总药量或延期起爆时最大一段的药量，kg；R 为自爆破中心至测点的距离冲击波的破坏作用是以波阵面上的超压值 ΔP（$\Delta P=P-P_0$，P_0 为空气中初始压力，Pa）来衡量，超压值在 $(0.02\sim2.0)\times10^5$Pa 时建筑物将有不同程度的损坏，人员所能允许承受的超压不应大于 5×10^3Pa。

为了减少空气冲击波的强度，应做到正确选用炸药种类和确定爆破孔网参数、装药结构及装药量合理、装药和堵塞质量良好以及设置防波堤和幕阻波层等外部防护措施。

爆破震动　炸药在岩体中爆炸所激起的应力波随爆源距离的增大而衰减后，引起岩石质点的弹性振动，弹性振动的传播形成爆破地震波。根据地震波的传播

路径不同波分为体波和面波。体波是沿着岩体传播，体波中的纵波使岩石产生拉伸和压缩变形，是岩石爆破破坏的主要因素。面波是沿着岩石表面或分界面传播，它主要是瑞利波，由于频率低、衰减慢、震幅大，周期和扰动持续时间长，携带能量大，是造成爆破震动破坏的主要因素。

爆破震动会造成爆源附近地面和地面物体的颠簸和摇晃，称为爆破地震效应。当地震效应达到一定强度时可造成建筑物的破坏、露天边坡的滑塌。爆破地震与天然地震引起的震动相比较，具有频率高、持续时间短和波幅衰减快的特点，因此爆破地震波的振幅、持续时间和频谱是确定爆破震动安全参数（最小距离、最大装药量等）和安全评定方法（单一参数法、爆破地震烈度法和动力分析法）的主要指标。通过由爆破地震测试系统对爆破地震的监测、爆破地震波形记录、三向质点震动速度或加速度的计算及爆破地震频谱分析，其结果可以作为确定爆破地震安全的判据。

中国以爆破地震振动的质点速度这一单一参数作为爆破安全的评定标准，其计算公式为：

$$V=K\ (Q^{1/3}R)^{\alpha} \qquad (2)$$

式中 V 为质点振速，cm/s；Q 为最大一次齐爆药量，kg；R 为计算点至爆源的距离，m；K、α 为与爆破点地形、地质等条件有关的系数和衰减指数，可按下表选取或由试验确定。

爆破不同岩性的 K、α 值

	K	α

中国《爆破安全规程》规定，一般建筑物和构筑物的爆破地震安全性应满足安全振动速度的要求，主要类型的建（构）筑物地面质点的安全振动速度规定：①土窑洞、土坯房、毛石房屋，1.0cm/s；②一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物，2～3cm/s；③钢筋混凝土框架房屋，5cm/s；④水工隧洞，10cm/s；⑤交通隧洞，15cm/s；⑥矿山巷道：围岩不稳定、有良好支护，10cm/s；围岩中等稳定、有良好支护，20cm/s；围岩稳定、无支护，30cm/s。

爆破地震瞬间的高频振动引起原有裂隙的扩展，或超过物体的固有频率导致露天边坡滑坡、地下巷道冒顶片帮、地面或地下建（构）筑物的破损倒塌，必须采取控制爆破等降震措施，如毫秒（微差）爆破、预裂爆破等。有条件的矿山，重要的爆破工程事先进行模拟或现场测试，以确定该地区的 K、α 值，避免爆破震动超限，同时注意爆破地区局部地形变化对爆破地震效应的影响。

爆燃 爆破时爆轰波（伴有快速化学反应的冲击波）的衰减（即其反应区向未反应物质中推进速度小于未反应物质中的声速）而引起的炸药迅速燃烧现象。引起爆燃的主要因素有：①雷管爆炸不完全，造成起爆能不足；②炸药质量不合格，造成爆炸性能下降；③炮眼清扫不净，药卷间有异物；④药卷破裂，混入岩、煤粉，特别是在雷管附近有岩、煤粉；⑤异物混入炸药，使分解温度降低；⑥装药不良，如药卷间距超过殉爆距离；⑦前炮爆破引起煤层龟裂，炸药受到高温高压作用；⑧炮眼距离过近，雷管被爆炸波“压死”或变形；⑨炮眼中的管道效应，使末端装药被“压死”。爆燃不仅降低了炸药的爆炸作功能力，影响爆破效果，而且燃烧的炸药炽热微粒往往会由于压力的增大从炮眼中喷出，引起煤尘瓦斯爆炸。

爆燃多发生在较为密闭的炮孔中，产生的压力和温度都较高，燃烧过程远比在大气中激烈。实践证明，发生爆燃的炸药多半是低感度的炸药。

防止炸药爆燃的主要措施：①提高炸药的爆轰（爆轰波在炸药中自行传播的现象）稳定性，如用高威力的固态炸药做敏感剂；②提高炸药的抗压缩性，在炸药组分中加入某种抗压缩成分或给炸药以刚性被筒等；③在炸药中加入防燃剂，如各种碱金属的草酸盐、铝或镁的硝酸盐或硫酸盐等。

目前已能用实验的方法对炸药爆燃趋向进行估算，实验设备有两类：①爆燃测定器，实验时，受试炸药用引燃剂引燃求出相对的引燃百分数，从而可鉴别炸药的爆燃趋向；②爆燃臼炮，用炸药的爆炸能激发相距 1m 处的受试炸药，使之燃烧，根据燃烧状态来确定燃烧等级（共分 10 个等级），从而对炸药的爆燃趋向作比较。

爆炸生成物（炮烟） 炸药爆炸放出的气体。理论设计炸药爆炸后只产生氮气（N_2）、二氧化碳（CO_2）和水蒸气（H_2O）等对人体无害的气体，如炮孔堵塞不充分或在有涌水的炮孔中爆炸，氧气不足时会产生 CO，氧气过剩时则生成 NO、NO_2 等有害气体，在含硫矿床中爆炸时，还会产生硫化氢（H_2S）和二氧化硫（SO_2）。

1kg 当量炸药在 0℃和一个大气压下，爆炸生成的气体约 800L，如果 CO 和亚硝基化合物在空气中的总浓度超过 0.02%时，将对人体产生一定的影响。CO 是

无色、无味、无臭的气体，很难发现。由于CO与红血球的结合力比氧大250～300倍，如果血液中吸收CO达到饱和状态就不再吸收氧，这时人体组织细胞将严重缺氧而导致人窒息和中毒。炮烟中的NO和NO_2对人体生理上具有比CO更大的毒性，NO_2是红褐色的气体，有很强的刺激性臭味，含量即使很少也会刺激眼目和咽喉。炮烟不仅对人体有害，而且对井下瓦斯煤尘爆炸反应起催化作用。消除和减少的害气体的危害十分重要。其措施是：①正确选择炸药的配方，使炸药接近零氧平衡；②正确使用炸药，包括合理选择炸药密度、粒度、起爆能、装药直径和外壳材料；③加强洒水与通风；④不使用受潮结块变质的炸药。

杂散电流 凡与专用的起爆电源无关而流入电爆网路的外来电流。杂散电流来自各种途径：架线电机车牵引网路电流经金属物或大地返回直流变电所的电流；动力或照明电路漏电；化学作用漏电；电磁辐射或高压线路感应产生的电流；大地自然电流。杂散电流过大会使电雷管发火引爆甚至电爆网路发生早爆事故，必须采用专门的杂散电流测定仪随时进行监测，即在爆破地点预先采用WS－1、B－1、701等杂散电流测定仪进行现场测量，测量时间取0.5～2min，杂散电流不得超过30mA，当超过30mA时应采取以下预防措施：①减少杂散电流的来源，特别要防止架线式电机车牵引网路的漏电，一般可在钢轨接头处焊接铜导线减小接头电阻，采用绝缘道渣或疏干巷道增大底板与钢轨之间的电阻、减小漏电；②确保电爆网路质量，爆破导线不得有裸露接头，防止损伤导线的绝缘包皮，雷管脚线或已与雷管联接的导线两端，在接入起爆电源前，均应扭接短路，防止杂散电流流入；③在爆区采取局部或全部停电使杂散电流迅速减小，必要时可将爆区一定范围内的钢轨、风水管等金属导体拆除；④采用抗杂散电流电雷管；⑤采用非电起爆系统（在无瓦斯、煤尘爆炸危险条件下）。

拒爆 起爆后爆炸材料未被起爆的现象。俗称"瞎炮"、"哑炮"、"盲炮"。拒爆有雷管未爆或雷管爆炸而炸药未被引爆的不同情况。

产生拒爆的原因主要有：①雷管受潮失效；或采用不同厂不同批次生产的雷管；②通过雷管的起爆电流太小，或通电时间过短，雷管得不到所必需的点燃冲能；③爆破网路电阻超过发爆器最大外接数、爆破网路错接或漏接导致起爆电流小于雷管的最小发火电流、爆破网路有短接现象、爆破网路漏电、导线破损并与积水或泥浆接触等情况；④炸药受潮或超过有效期，发生硬化和变质或粉状混合炸药装药时药卷被捣实使密度过大；⑤药卷与炮孔壁之间存在管道效应或药卷之间有岩粉阻隔。

防止拒爆的措施：①禁止使用不合格的爆破器材，不同类型、不同厂家、不同批次的雷管不能混用；②联线后检查整个线路有无联错或漏联，进行爆破网路发火电流的计算及起爆前的电阻测试；③检查爆破电源并对起爆能力进行计算；④装药时硝铵类炸药要避免压缩过紧，密度过大；⑤采取措施消除管道效应；⑥装药前要清除炮孔内岩粉。

一旦产生拒爆现象，应首先查明拒爆的原因。因联线不良、错联、漏联的要检查改正，确认起爆线路完好时，方可重新联线放炮；其它原因造成的拒爆，应在距拒爆孔≥0.3m处重钻与拒爆孔平行的新炮眼，重新装药放炮；禁止将残眼继续加深、严禁用镐刨或从炮孔中取出原放置的引药或引药中的雷管。

熄爆 又称不完全爆炸。爆轰波不能沿炸药继续传播而终止的现象。炸药熄爆的原因除炸药的间隙效应外，尚可能有①使用变质的炸药，如吸潮硬化的炸药；②装药不良，药卷间距超过殉爆距离；③药卷间有异物，使炸药不能殉爆；④炮眼距离过近，炸药被压缩或炸药被相邻爆破的岩石错断。

一旦发生熄爆出现残药、残眼时，不得在残眼上继续打眼，不能继续使用残药，若残药为硝铵类炸药，不能从炮孔中取出。可采用注水的办法使残药彻底失去爆炸能力，以防意外爆炸事故的发生。

早爆 爆炸材料比预定起爆时间提前发生爆炸的现象。在爆破施工中，杂散电流、静电感应、雷电、射频感应电等均能引起电爆网路中雷管早爆，导火索速燃或炸药在孔内受热亦可发生早爆。预防早爆的主要措施有：①防治杂散电流；②防止静电：在压气装药系统中要采用半导体输药管，对装药工艺系统采用良好的接地装置；采用抗静电电雷管，预防机械产生静电的影响；③防止雷电：雷雨天和雷击区采用非电起爆法；④使用导火索的场合，应经常检查导火索的质量，不使用变质的导火索；⑤在高温情况下炸药应有防高温的措施。

迟爆 炸药比预起爆时间滞后爆炸的现象。导火索燃烧异常或残留炸药从燃烧转化为爆炸，均会导致迟爆。预防迟爆要从提高炸药的起爆可靠性入手，改善起爆系统的精度与质量；提高起爆系统的起爆能；加强炸药质量的监督；不使用变质炸药；克服炸药的间隙效应。

间隙效应 当炮眼直径与药卷（包）直径之间的间隙值在一定范围内，造成长柱装药传爆中断的现象。曾称管道效应、沟槽效应。产生间隙效应的机理是由于炸药爆炸所产生的爆轰波造成间隙中的空气形成空气冲

击波，空气冲击波在管壁的约束和反射作用下超前于爆轰波运行，压实或撕裂吹散未爆炸药，造成熄爆、爆燃、爆轰不稳定，从而产生残药以及使爆破效果降低。为克服间隙效应，采取的措施有：①用雷管起爆炮孔中的药卷时每个雷管引爆的装药长度不得大于间隙效应限制的传爆长度，装药很长时要采用多点起爆法；②研制细径光爆专用炸药、高威力导爆索及间隙效应弱的炸药，推广使用水胶炸药和乳化炸药；③改进炸药包装，增大装药直径；④抗水性好的炸药或无水的炮孔中采用散装药，在浅孔光爆中周边孔采用单段空气柱式装药结构，在药柱周围充水或填泥沙；⑤在深孔光爆中，周边孔采用导爆索间隔串联起爆法。

参考书目

杨永琦，《矿山爆破技术与安全》，煤炭工业出版社，1991。

湖北省爆破学会，《爆破与安全》，湖北科学技术出版社，1984。

张雪亮等，《爆破地震效应》，地震出版社，1981。

刘清荣，《控制爆破》，华中工学院出版社，1986。

朱传统等，《爆破安全与防护》，水利电力出版社，1990。

（王树仁　刘清泉　李玉民）

baopo taocao

爆破掏槽　(blasting cut)　用爆破方法从采掘工作面岩（煤）壁先掏出部分岩石以增加自由面的工序，实现掏槽的一组炮眼称为掏槽眼。井巷掘进爆破中，掏槽是决定工作面爆破效果好坏的关键。

根据掏槽眼与采掘工作面交角不同，分为斜眼掏槽、直眼掏槽、混合掏槽（直眼和斜眼相结合的掏槽方式）、分阶掏槽（立井掘进工作面，掏槽眼呈2～3圈同心圆布置，内浅外深，由内向外顺序起爆的掏槽方式）等类型。

斜眼掏槽　掏槽眼与采掘工作面斜交的掏槽方式。斜眼掏槽掏槽面积较大，易于形成有效槽腔。但炮眼深度受巷道宽度限制，不利于多台凿岩机同时工作，岩块抛掷距离大易崩坏巷道支护。它适用于断面较大、眼深较小的巷道掘进爆破。按掏槽眼布置形式不同，分为锥形掏槽、楔形掏槽、单侧掏槽、扇形掏槽和剪形掏槽，见图1。

锥形掏槽　掏槽眼布置成锥形。掏槽眼数目根据工作面和岩石可爆性的难易程度确定。特点是掏槽能力强、不受岩层弱面（层理、节理或裂隙面）方向的影响。主要用于立井井筒掘进。

楔形掏槽　掏槽眼对称布置成楔形。又称“V形掏槽”。有垂直楔形掏槽和水平楔形掏槽两种。考虑打眼方便，一般都采用垂直楔形掏槽，水平楔形掏槽只在水平层理发达的岩层掘进中使用。坚硬岩石，眼深超过2m时，可采用双楔形复式掏槽，炮眼由内向外依次起爆。楔形掏槽适应性强，在巷道掘进中广为采用。

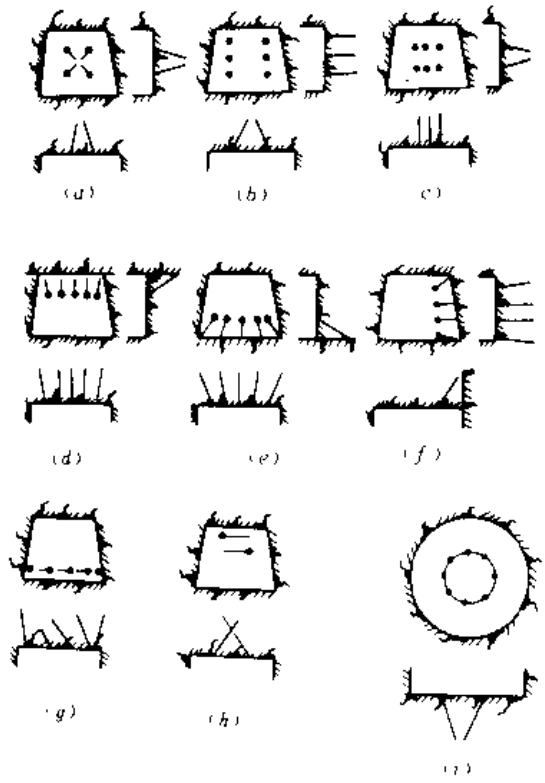


图1　斜眼掏槽形式

a—锥形掏槽；*b*—垂直楔形掏槽；*c*—水平楔形掏槽；*d*—顶部单侧掏槽；*e*—底部单侧掏槽；*f*—帮部单侧掏槽；*g*—扇形掏槽；*h*—剪形掏槽；*i*—立井锥形掏槽

单侧掏槽　掏槽眼单侧倾斜，特点是充分利用岩层的层理、节理或裂隙面的位置布置掏槽眼，可布置在巷道的顶、底和两侧，分别称为顶部单侧掏槽、底部单侧掏槽和帮部单侧掏槽。

扇形掏槽　掏槽眼呈扇子形布置，特点是掏槽眼的深浅不同，使有效槽腔逐渐扩大、加深，常用于宽度较小的煤或半煤岩巷，亦可用在软岩或有弱层利用的岩层中。

剪形掏槽　掏槽眼在平面投影上呈交叉布置，它主要应用在巷道断面宽度较小的煤或半煤岩巷道掘进中。

直眼掏槽　掏槽眼垂直于采掘工作面，彼此间距较小，并多有不装药空眼的掏槽方式。直眼掏槽掏槽眼布置不受巷道断面限制，适于凿岩台车或多台凿岩机同时作业，岩块抛掷距离小不易崩坏支架，操作技术简单，炮眼深度增加时，仅需适当增加装药量。但单位炸

药消耗量较高，常有不装药的空眼为破碎岩石导向和提供碎胀补偿空间，以提高掏槽效果。直眼掏槽通常在坚硬或中等坚硬的岩石中应用，有小直径空眼直眼掏槽、大直径空眼直眼掏槽和漏斗式掏槽。

小直径空眼直眼掏槽 空眼直径与装药眼直径相等。根据形成的腔槽形状，它有缝隙掏槽、角柱式掏槽和筒形掏槽三种类型，见图 2。①缝隙掏槽又称“直线掏槽”或“龟裂掏槽”，空眼与装药眼相间布置成一条直线，形成的槽腔为一条缝隙，常用于眼深小于 2m 的小断面巷道掘进。②角柱式掏槽形成的槽腔形状具有明显的棱角，如三角柱掏槽、复式三角柱掏槽、菱形掏槽和五星掏槽方式等。③筒形掏槽的炮眼布置成圆筒状，适用于圆形断面的立井掘进。

大直径空眼直眼掏槽 空眼直径大于装药眼直径，空眼既能为岩石破碎提供自由面，又能为岩石碎胀提供补偿空间。根据掏槽眼的布置形式及起爆顺序，它有角柱掏槽、螺旋掏槽、双螺旋掏槽、双空孔掏槽等，见图 3，适用于坚硬岩石巷道的掘进爆破。

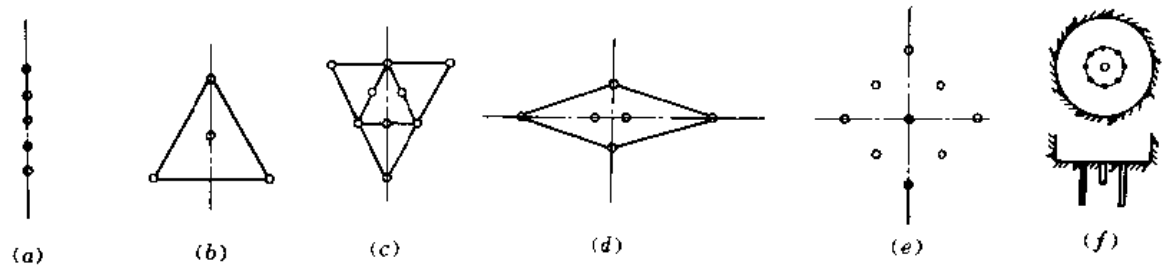


图 2 小直径空眼直眼掏槽

●—装药眼；○—空眼

a—缝隙掏槽；*b*—三角柱掏槽；*c*—复式三角柱掏槽；*d*—菱形掏槽；*e*—五星掏槽；*f*—筒形掏槽

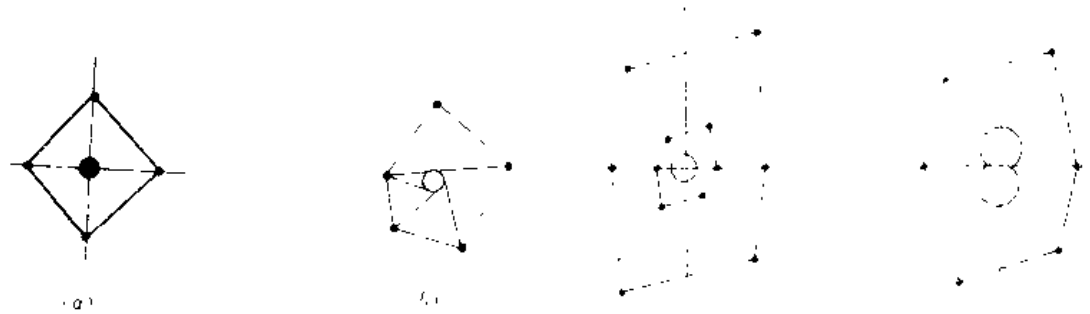


图 3 大直径空眼直眼掏槽

a—角柱掏槽；*b*—螺旋掏槽；*c*—双螺旋掏槽；*d*—双空孔掏槽

为加强直眼掏槽的抛渣能力和提高炮眼利用率，可采用如下措施：将空眼超深，并在超深部分装填炸药最后起爆；在巷道断面较大的硬岩中，可采用直眼和斜眼混合的掏槽方式。

漏斗式掏槽 特点是所有的炮眼都装药，对炮眼的平行度和眼间距要求不十分严格，需要的掏槽眼多、爆破震动大。立井井筒掘进爆破常采用图 4 二种掏槽方式。

发展 随着井巷掘进爆破技术从中深孔向深孔发展，掏槽方式以直眼掏槽为主。掏槽眼从一次起爆向分层或分段延发起爆发展，如图 5 所示的平巷掘进爆破中的四角柱分层掏槽方式和立井掘进爆破中的筒形分段掏槽爆破方式，在不增加、甚至减少掏槽眼数目的前提下，可获得良好的掏槽效果。

参考书目

王树仁、程玉生，《钻眼爆破简明教程》，中国矿业大学出版社，1989。

U. 兰格福斯，岩石爆破现代技术翻译组译，《岩石爆破现代技术》，冶金工业出版社，1983。

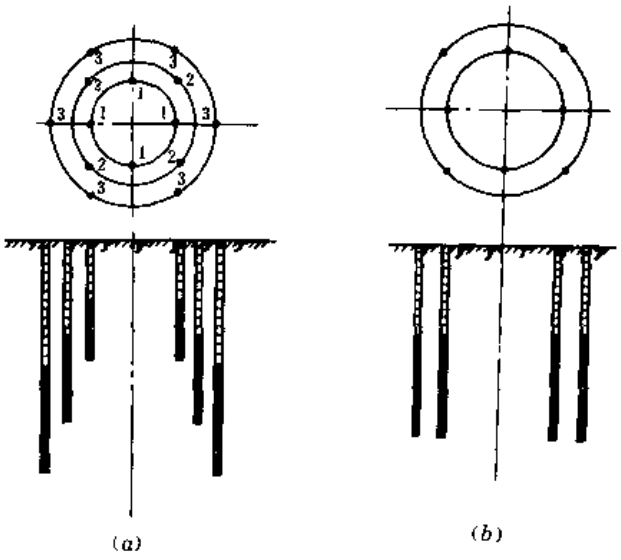


图 4 漏斗式掏槽

a—三阶段不等深延发式漏斗掏槽；
b—二阶等深延发式漏斗掏槽

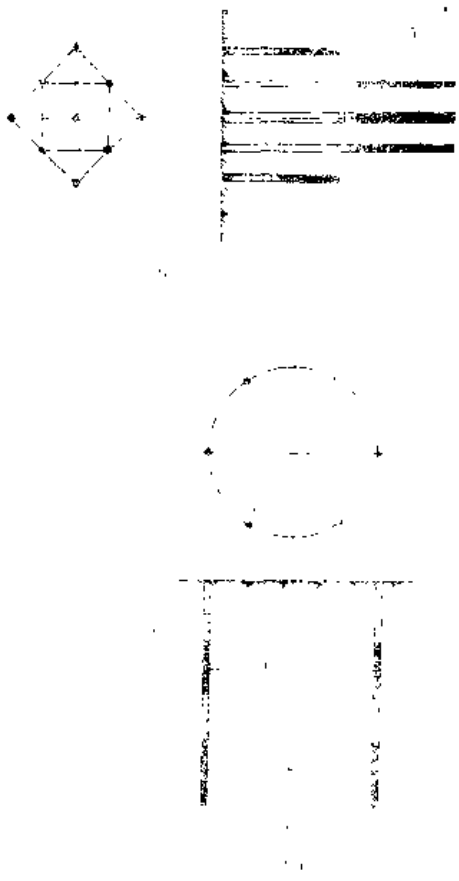


图 5 新型直眼掏槽形式

a—四角柱分层掏槽；b—筒形分段掏槽
1—第一段起爆；2—第二段起爆

（刘庭烽 林从谋）

beitong zhayao

被筒炸药 (sheathed explosive) 以煤矿许用炸药为药芯，外包以消焰剂做的被筒而制成的安全度较芯药更高的煤矿许用炸药。

被筒炸药在药芯爆轰的瞬间，消焰剂在外围形成一团微粒云雾，将爆轰产物包围起来，从而达到降温、消焰的目的。被筒有惰性被筒和活性被筒。活性被筒不仅含有大量的消焰剂，而且还含有一定量的硝化甘油，本身具有一定的爆炸性。按照被筒的物理状态的不同，又有刚性和柔性之分。

比利时根据莱麦尔（E. Lemaire）1914 年提出的建议，于 1930 年首先使用了被筒炸药。被筒厚 3～5mm，被筒组成为：粘合剂（$CaSO_4$ 或粘土）25%，盐类（NaF 或 65%NaCl+35%NaF）75%，质量为 65g，药芯为 100g，是一种刚性的惰性被筒。不久，比利时和德国相继出现了活性被筒，内含硝化甘油 10%、氯化钠 65%、碳酸氢钠 25%。1934 年，英国开始使用被筒炸药，被筒材料为碳酸氢钠。被筒的出现，使煤矿许用炸药提高了安全性，但被筒炸药存在着脱落、崩位、漏盐等缺点，到 20 世纪 60 年代末，西欧各国都相继停止了生产。1983 年，美国生产了一种专门用于井下爆破大块岩石的被筒炸药，被筒的组成为氯化钠和水等，尺寸为外径 203mm、内径 178mm，药芯为 650g 水胶炸药。中国抚顺矿务局 1953 年开始使用被筒炸药，药芯为 2 号煤矿铵梯炸药（150g），被筒材料是氯化钠（70g）。1982 年，中国还出现一种专门用于疏通溜煤眼的煤矿许用刚性被筒炸药，被筒采用碳酸氢钠和氯化钠作消焰剂、水玻璃作粘结剂、水泥作增强剂、还有适量的防潮剂，药芯为 3 号煤矿铵梯炸药，药芯 450g 时被筒为 825～975g。

（秦大杰）

bihou chongtian

壁后充填 (backfill) 又称架后充填。将满足一定要求的材料向拱碹或支架与岩壁间空隙填塞的作业。它使围岩及时受到支撑，减少局部应力集中，避免支架结构因受力不匀而过早损坏。柔性充填能给刚性支架增加可缩层，改善其受力状况，提高支护效果。壁后充填还有密闭煤层，防止自燃和避免壁后积聚瓦斯等作用。

充填材料应有一定强度，能均匀传递围岩压力，不腐不燃，易于施工，常用的有碎石、毛石和水泥砂浆等粘结料。也可用炉渣、粉煤灰、石灰粉、矸石粉等散粒材料配制柔性充填料，其固化后体积产生微膨胀，有

一定的可压缩性。树脂粘结材料，固化体积增加数十倍，形成孔隙结构，用于充填效果更显著。

散粒材料预先按比例装袋，成袋填满壁后，当袋布挤破后，填料便吸潮固结。为了提高充填效率，减轻劳动强度，可通过预留充填孔，用泵、压风将充填料送入壁后。

（贺永年）

biaozhun sheji

标准设计 （modular design） 按一定的技术标准和适应范围编制的、可供设计人员直接采用的设计文件，包括说明书、计算书、图纸。通用设计、定型设计同属标准设计范畴。

标准设计是在总结设计、施工、生产运行经验和吸收科研成果的基础上，优化定型编制成的设计文件，并经有关主管部门审批颁发的。煤炭工业的标准设计有单项工程成套标准设计、单位工程标准设计、煤矿生产加工工艺工程配套的特有设施和设备的标准设计和有关部件标准设计等。

单项工程成套标准设计，有选煤厂、矿区机电修配厂的标准设计。

单位工程标准设计，有井筒布置及装备、巷道断面、巷道交岔点、斜井箕斗装载设备硐室、立井箕斗装载设备硐室、立井井底清理撒煤硐室及设备安装、井下推车机翻车机硐室、底卸式矿车卸载坑硐室、井下炸药库、采区绞车房硐室、采区变电所硐室、井下防水闸门硐室、副井井底连接部分及设备安装、地面压风机房及设备安装、绞车房及设备安装、通风机房及设备安装、水泵房及设备安装、支柱加工房、煤样室、化验室、标准铁路装车站及设备安装、地面变电所、提升信号、胶带输送机走廊、主井及副井井口房及设备安装、矸石山布置及设备安装、水塔等的标准设计。

与煤矿生产加工工艺工程配套的特有设施、设备的标准设计，有天轮、矿车、底卸式矿车、翻车机、推车机、阻车器、爬车机、窄轨铁路道岔、普通罐笼、多绳提升罐笼、立井箕斗、多绳提升箕斗、斜井箕斗、箕斗装载设备、罐笼防坠设备、摇台、钢丝绳罐道、组合钢罐道、装车闸门、井下防火门、密闭门、防水闸门、立井防爆门、立井箕斗装载设备气动操纵装置、脱水斗式提升机、楼坑斗式提升机、煤炭洗选设备等的标准设计。

有关部件、构配件的标准设计，有溜槽部件、螺旋溜槽部件、煤矿地沟敷设热力网构件、钢筋混凝土轨枕、窄轨架线电机车接触网金具、井下排水管件和煤矿地面建筑物构筑物部件等的标准设计。

编制标准设计，要统一设计技术标准，确定编制原则、内容深度、文件格式、提出计划任务书。组织有经验的专业技术人员，通过调查分析、方案比较，根据项目的复杂繁简程度不同，分方案、初步设计、施工图几个阶段进行，也可以合并进行。技术标准和适应范围都较好的设计文件，也可直接鉴选为标准设计。

中国煤炭工业标准设计始自20世纪50年代，由苏联引入中国，随之国内也自行编制。对一些基本技术条件相近的单位工程、建筑构配件与生产加工工艺配套的特有设施、设备和有关部件及构配件等最适合于采用标准设计。标准设计应随着科学技术的发展，不断修订和完善。

标准设计统一了技术标准，减少了设计工作中的重复劳动，为井巷、建筑施工和构部件加工制造带来有利条件，效益是明显的。

（谢全安）

C

chaichu baopo

拆除爆破 (demolition blasting) 为拆除人工建(构)筑物而进行的控制爆破技术，拆除爆破要根据建(构)筑物结构类型、结构特点、拆除与保留部分的关系、周围环境和条件等制定拆除爆破方案，设计爆破参数、起爆网路，制定对周围环境和建筑物的防护技术和措施，以严格控制炸药爆炸时能量的释放过程和介质的破碎过程，既达到预期效果，又将爆破产生的有害效应严格控制在安全上允许的限制以内。

根据拆除对象的特点，可归纳为：块体构筑物的切割与解体（如机械设备基础、桥墩、桩基等），建(构)筑物的拆除（如楼房、厂房、烟囱、水塔等），地坪的拆除（如混凝土路面、地坪、飞机跑道等）和金属结构物切割或拆除（如桥梁、船舶、钢管等）。

为控制爆破作用，降低有害效应，拆除爆破总的原则是采用“多打眼、少装药、多段起爆”的方法，对建(构)筑物（如楼房、厂房）是将结构物的承重构件和关键部位爆破松动、使其失去承重能力，在结构物自身重力作用下以未施爆的柱、墙为绞点产生倾覆力矩而倒塌。视环境条件，倒塌方案有原地塌落、定向倾倒和折迭倾倒，如图1所示。对高耸的塔形建筑物（烟囱、水塔）是在其下部爆出一个“爆破缺口”以造成建筑物的失稳和重心外移，在自重作用下产生倾覆力矩，使之定向倾倒（如图2所示）缺口高度是墙厚的1.5～2.5倍，长度是筒体周长的$\frac{3}{5}$～$\frac{2}{3}$。对容积形构筑物（储气罐，筒仓）的拆除，多采用水压爆破（见水压爆破）。对废弃基础，地坪的拆除要求达到碎而不飞，需根据体形，有无钢筋的具体情况合理选定爆破参数，可以使之破碎或切割成块，在适合条件下，可采用静态破碎剂使之胀裂，以避免碎块飞散。

拆除爆破的防护是设计和施工中的重要环节，分有覆盖防护（采用柔性材料直接覆盖在爆体上），近体防护（在爆体一定距离处设立围挡排架）和保护性防护（在爆点附近需重点保护的重要设备，设施做覆盖或遮挡）以抑制爆破碎块的飞出或降低飞出速度。在设计中通过控制装药量和实行毫秒爆破等技术措施后还难以消除空气冲击波或地震波的效应时，应采用阻波墙、防震沟或在建(构)筑物倒塌位置上铺垫缓冲层（土、沙

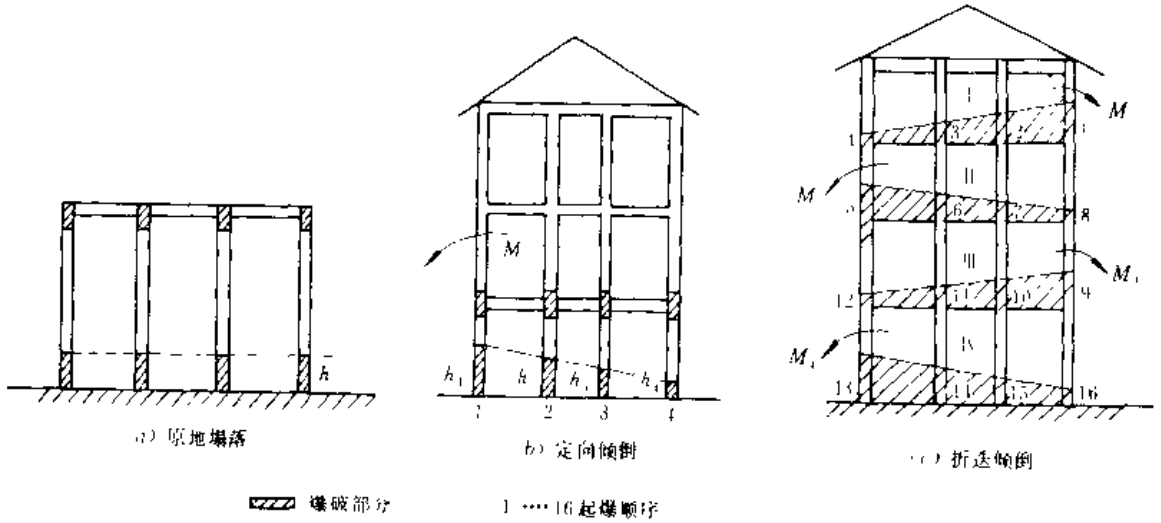


图1 拆除爆破方案示意

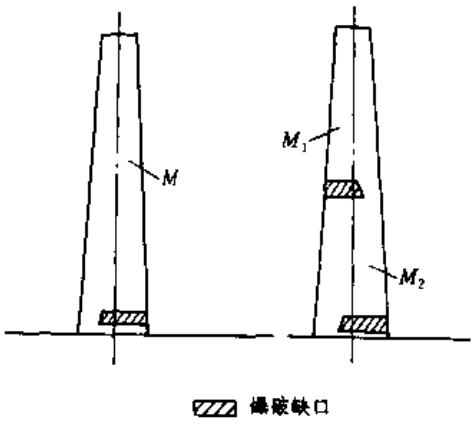


图 2 爆破缺口位置

袋等）用以消除其作用。

二次世界大战后，德、日等国为拆除战争遗留的建筑，开始进行爆破拆除。随后，在城市改造和建设中，对旧建筑物、构筑物、基础等的拆除采用了爆破方法。随着新型炸药和起爆材料以及毫秒爆破技术发展，拆除爆破得到广泛应用，在技术上也日趋完善。对拆除物的倒塌范围、方向和爆破的有害效应已能得到精确控制。如 1975 年美国控制爆破公司在巴西圣保罗市繁华商业区内采用拆除爆破炸塌了一座 32 层钢筋混凝土大楼，而周围建筑、人员安然无恙。中国是在 20 世纪 50 年代开始研究应用拆除爆破，60 年代逐步得到发展，70 年代随着大规模经济建设的发展，拆除爆破的应用范围不断扩大，并运用爆炸力学、结构力学、断裂力学、岩体力学以及工程结构等学科的理论，结合高速摄影、振动测试等多种检测成果，指导爆破设计取得了极好效果。

参考书目

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1990。

刘清荣，《控制爆破》，华中工学院出版社，1986。

（王树仁 刘清泉 陈士海）

chenjingfa zuojing

沉井法凿井 (drop-shaft sinking method)

在立井井筒的设计位置，将预制沉井接长并逐步下沉以穿过不稳定冲积地层的凿井方法，简称沉井法。沉井具有多种结构形式，其下沉可以利用沉井自重、加压和采取各种减阻措施，边下沉边掘进边接长沉井直到预定深度。

沉井是由刃脚和井壁筒组成的结构物。沉井下沉时它对不稳定的冲积层起支护作用，下沉后即为永久井壁或永久井壁的一部分。一般用钢筋混凝土制作。

刃脚为安设在沉井下端的刃状结构物，用钢材或钢板钢筋混凝土制作，沉井下沉时它切入土层以减小沉井下沉的正面阻力。

沉井断面常为圆形（右其它工程中也使用矩形或椭圆形的，又称为沉箱），由于沉井下沉时可能产生偏斜，为保证井筒的有效使用面积应根据下沉深度及预计的偏斜率，适当加大沉井内径。

一般沉井法要先修筑一段锁口，在锁口内制作第一段沉井井在锁口内壁上安装沉井下沉的导向扶正装置，随着沉井下沉，在地面工作台上进行沉井接长。沉井井壁筒与围岩的摩擦阻力（称侧面阻力）和刃角切劈土层的阻力（称正面阻力）是影响沉井下沉的主要因素，在通常情况下，及时挖掘工作面的积土以减小正面阻力是促使沉井继续下沉的主要手段。沉井下沉期间要经常监测沉井的垂直度，利用导向装置和各种纠偏手段使沉井的偏斜值保持在允许的范围内。沉井下沉至终深应是刃脚进入稳定的隔水土层 2m 以上，然后进行封刃脚和固井。刃脚以下 2～10m 段掘砌称封刃脚，此时要防止流砂、水从刃脚处涌入井内，并制止沉井继续下沉，同时井壁外进行注浆固井，沉井即为井筒的永久井壁。

沉井法施工简单、设备少、费用低。当发生下列问题时可能造成沉井失效：①掘进造成不稳定土层失稳，在井内外压力差的作用下急速从刃脚向井内涌砂或土，严重时造成沉井壁后空洞、地表下陷和受不均匀压力造成沉井破坏；②下沉阻力增加使沉井停沉；③沉井偏斜过大；④沉井受特殊压力而开裂等。

1893 年法国人特雷斯（Trracy）工程师用隔板将沉井下部封闭，形成一个有顶无底的工作室。室内充压缩空气，抵抗地下水的涌入，创造了压气沉井法。该法成功率高，但对工人健康有害。1894 年发明了淹水沉井法，沉井中充满水以平衡沉井内外的压差，井内采用机械掘进，防止涌砂冒泥事故。

为加大下沉速度和深度，常用加厚井壁、千斤顶加载、震动机产生震动力以减少沉井下沉阻力的方法，依其技术的主要特征分别称为加载沉井法、千斤顶沉井法、震动沉井法、气囊沉井法、泥浆淹水沉井法（触变泥浆淹水沉井法）等。

中国 1952 年在山东省新汶矿区开始采用沉井法凿井，至 90 年代中期约有 180 个井筒采用了沉井法；1958 年在安徽淮北矿区首创了震动沉井法；1969 年在山东省黄县使用触变泥浆淹水沉井法获得成功，并推广到一些矿区，最大下沉深度达 192.5m。

参考书目

余力、巴肇伦、卓鑫然编著，《煤矿沉井法凿井》，煤炭工业出版社，1984。

翁家杰主编，《井巷特殊施工》，煤炭工业出版社，1991。

（崔广心）

chumeichang

储煤场 （storage yard） 调节煤炭生产运输、加工等的不均衡性而设的临时储存煤炭的场所。储煤场内应该有煤炭装、卸、堆存的相应设施及足够的场地。按使用设备和作业方式分为栈桥式、半地仓式、扒煤机式、堆取料机式和抓斗式（门式、桥式、履带式起重机）储煤场及贮煤筒仓式。储煤场过去均不作顶盖和围护结构，随着环境保护的要求，近年来半地仓式和堆取料机式加屋盖和围护结构的储煤场及贮煤筒仓逐年增加，尚有在溜煤筒式储煤场上加球壳或单面球面网壳作围护结构。储煤场地应排水通畅，地坪应有一定的强度和刚度，场地勿用矸石铺砌以免空气作用引起矸石的分解和燃烧。

栈桥式储煤场在机械化水平较低的小型矿井中应用较多，栈桥上部采用可以卸载的带式输送机或刮板、矿车等，下部地道返煤。栈桥高度根据贮存煤量、占用场地和煤堆自燃可能性而定。小型矿井可选用木、砌体结构，储量大或栈桥较高时可选用钢筋混凝土结构。

半地仓式储煤场应用较广，卸载用带式输送机或其它设备安设在栈桥上。贮煤间为半地下式，横断面为梯形，下部暗道内设输送机，将煤直接装载外运或返回生产系统进行加工。半地仓储煤场可在半地仓上加设钢筋混凝土顶盖，支架设计应考虑煤堆荷载和卸煤时的撞击荷载。半地仓侧壁多利用地形或地面下挖时形成的边坡，也有堆土夯实后表面铺砌构成，回煤地道一般为钢筋混凝土结构。半地仓式储煤场存在投资高、占地面积大、场面污染严重、返煤地道泥水多、通风困难、仓口设备易锈蚀、仓口起拱堵煤、仓口给煤设备多等问题，但它贮装合一，曾一度得到发展。

扒煤机储煤场按使用绞车分为固定式和移动式，扒斗容积有 2.5m³ 和 4m³ 两种。煤由卸煤溜槽或其它设备进入储煤场形成原始煤堆，用扒煤机分散和返煤。其主要构筑物有：①扒煤机柱，作为护煤挡墙和安设导向轮，用钢筋混凝土筑成，承受扒煤绞车钢绳拉力、土压力和煤压力；②回煤漏斗，一般用混凝土或毛石砌筑侧壁、钢筋混凝土漏斗，漏斗承受全部煤堆高度的压力，漏斗内壁用耐磨材料抹面以抵抗煤块磨损；③返煤地道，用混凝土或毛石砌筑侧壁，钢筋混凝土顶板，受煤坑应解决通风、排水、防火和安全出口问题。由于扒煤机储煤场存在运行阻力大、工作效率低、动力消耗多、单位面积贮量较小等问题，有被淘汰的趋势。

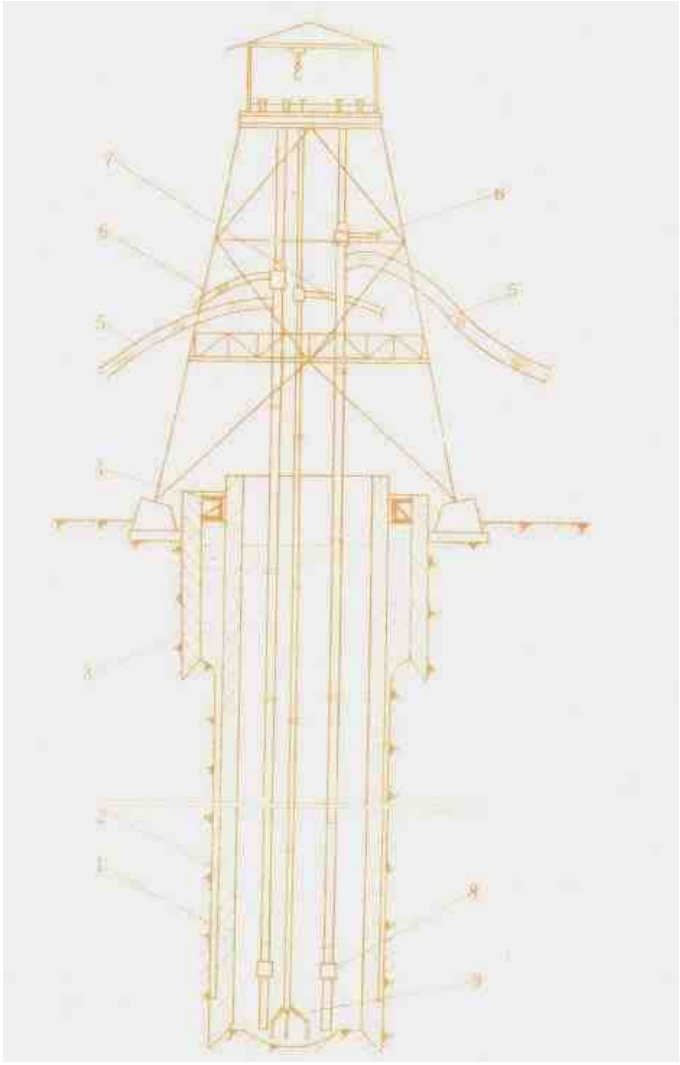
堆取料机式储煤场中的堆取料机是堆煤机和斗轮机的综合体，发展较快。其特点是等厚分层取料、出力均匀、堆取能力大、操作灵活、单机功能多、堆取料程序简单，但设备价格较贵，因跨度达 45～50m、净高达 12～15m，故加盖时土建结构造价昂贵。

近年来筒仓贮煤应用增多，优点是占地少、动力费低、卫生条件好、贮装合一。大直径圆筒仓可用预应力钢筋混凝土结构。从发展趋势看，大直径圆筒仓及堆取料机式储煤场将会获得推广。

（范宝华）

chubian nijiang yanshui chenjingfa

触变泥浆淹水沉井法 （drop-shaft sinking with inundated water and mud） 又称壁后触



泥浆淹水沉井示意图

1—泥浆；2—沉井；3—锁口；4—导向装置；5—排渣管；6—压气管；7—水枪供水管；8—压气排液器；9—掘进水枪

变泥浆沉井法，壁后泥浆淹水沉井。沉井外壁与地层间充入触变泥浆减少下沉的侧面阻力并维护井帮，沉井内灌水平衡沉井内外压差以防止刃脚处涌水冒砂的自重沉井法。由于井内灌有一定深度的清水，所以通常采用水枪破土和压气排液器排渣的掘进方式，如上页图所示。其刃脚外径大于井壁筒外径约 0.5m，使沉井外壁与井帮间形成一个环形空间，其间充满触变泥浆，随沉井的下沉及时补充泥浆，环形空间的下端因刃脚与围岩密贴而封闭，局部缝隙造成沉井内外的压力差由沉井内的的水柱压力予以平衡，所以要求井内保持适当的水柱高度。

泥浆淹水沉井施工技术要点包括：①水中掘进可用抓斗或钻机破土。抓斗既破土又出土，工艺简单、耗能低，在浅沉井施工中效果较好。钻机破土可以适应各种地层，且设备笨重、工艺复杂，但可用于较深沉井的施工条件。②水枪破土或钻机破土时的排渣方式均以压气排液器为主，工作可靠，但要注意工作面排土的均衡性并要有相应的灌水设备及泥渣沉淀的地面设施。③触变泥浆主要材料是膨润土、水和化学掺合剂通常处于凝胶状态，当沉井下沉时，作用在泥浆上的外力，使泥浆变成溶胶减少井壁侧面阻力。当沉井下沉结束一段时间后，泥浆又恢复为凝胶状态。这过程仅为结构破坏和恢复，化学性能不变。泥浆性能指标一般为：相对密度 1.1～1.2、泥皮厚＜4mm、胶体率 100%、失水量 10～40g/30min、静切力 5～20Pa、含砂率＜4%。④由于工作面土层软硬不同及掘土不均衡，下沉过程中会发生沉井偏斜，要经常进行测量以防偏为主、纠偏为辅。掘土要均匀，导向装置要可靠。⑤接长沉井用的模板有预制钢筋混凝土薄壳模板和金属模板。前者工序简单、组装方便，建筑后即为沉井的一部分，但接缝较多，易造成渗漏。后者可组装为整体滑升模板，简化了拆模工序，生产率高，外壁光滑接缝少。⑥沉井下沉到预定深度，要用混凝土进行封底（筑止水垫）和固井。封底是在水下进行，常用的有抛石注浆法和导管水下灌筑混凝土法。固井包括沉井壁后充填和砌筑刃脚基座，壁后充填是在环形空间放数根注浆管，从下往上注入水泥浆置换出触变泥浆，待壁后水泥浆固结后，方可排除井内清水，在刃脚之下砌筑壁座。

1952 年匈牙利布达佩斯地下铁道工程首先用触变泥浆减少沉井侧面阻力获得成功，以后在瑞士伯尔尼、瑞典斯德哥尔摩、德国科隆煤矿等应用，并扩展到修建圆形地下车库、地下油库等工程。1969 年中国山东黄县煤矿风井采用触变泥浆淹水沉井法获得成功，随后在大屯矿区、黄县矿区、徐州矿区、济宁矿区等矿井中推广使用，至 90 年代中期约建成 40 个井筒。最大下沉深度达 192.5m。

参考书目

余力、巴肇伦、卓鑫然编著，《煤矿沉井法凿井》，煤炭工业出版社，1984。

中国矿业学院主编，《特殊凿井》，煤炭工业出版社，1981。

（崔广心）

D

daishi shusongji jitou dongshi

带式输送机机头硐室 (belt-driven room)

为安装带式输送机驱动装置在井下开凿的空间构筑物。它还服务于带式输送机的安装、运行、检修、控制和操作，故应保证设备运转顺畅、安装与维修方便、硐室通风良好。

依据井下带式输送机类型，机头硐室有二类：①钢丝绳牵引带式输送机的机头硐室；②强力带式输送机的机头硐室。采区平巷使用的可伸缩带式输送机，其机头硐室则是加大巷道断面来满足安装驱动装置的要求。

机头硐室应依据带式输送机类型、驱动装置的台数、驱动装置与带式输送机的布置方式、最大件重量，及安装、运行、检修所需要的空间确定布置方式与规格尺寸。钢丝绳牵引带式输送机机头硐室的布置见图1。强力带式输送机的机头硐室的布置见图2。硐室要保持良好的通风环境，宜置于新鲜风流处，需有两个通路和出口，配套的电气设备及电控硐室要选在上风方向或有新风并联，以防尘、防热、防潮湿。机头硐室内设有起重梁和良好的照明和通讯设备，通道口设防火栅栏两用门，门扇向外开。

除可伸缩带式输送机机头硐室多采用U型钢拱形支架支护外，其他的机头硐室多采用石材、混凝土、钢筋混凝土或锚喷等难燃性材料支护并铺底。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

刘吉昌等主编，《煤矿施工设计基础》，煤炭工业出版社，1983。

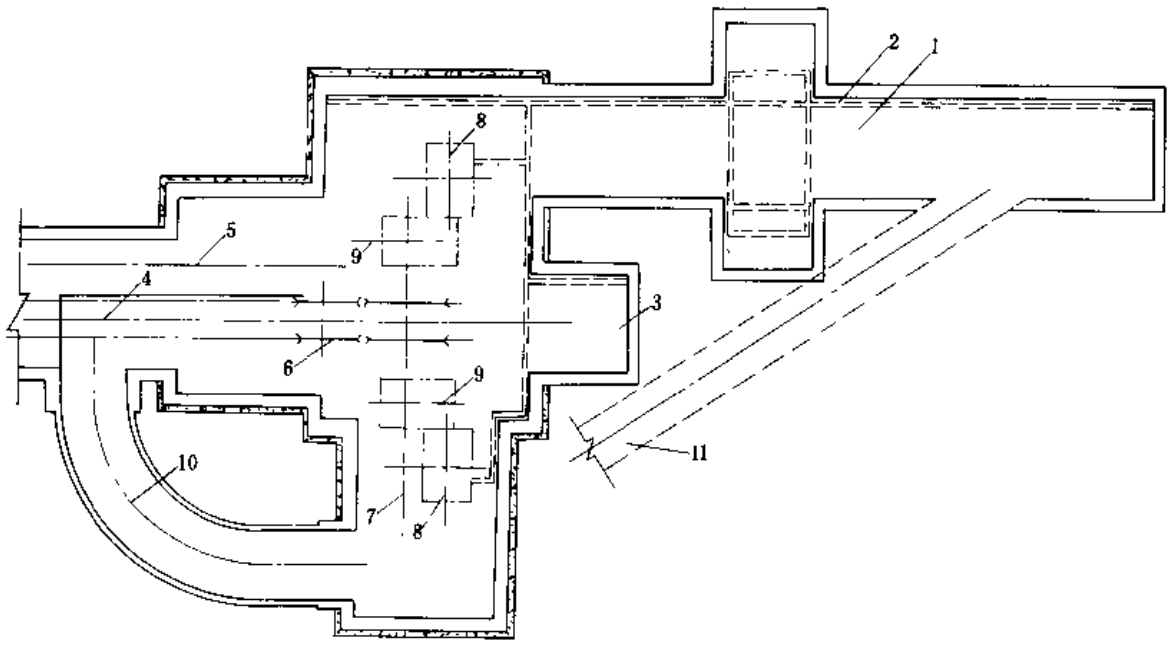


图1 钢丝绳牵引带式输送机机头硐室布置

1—高低压变配电室；2—电缆沟；3—司机室；4—带式输送机中线；5—检修道中线；6—导向轮中线；7—支撑轮中线；8—电动机；9—减速器；10—卷道；11—风道

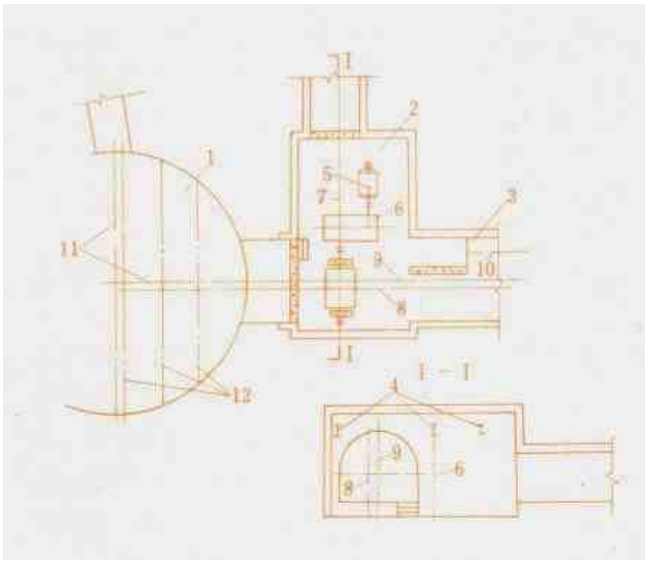


图 2 强力带式输送机机头硐室布置

1—煤仓；2—机头硐室；3—带式输送机巷；4—起重梁；5—电动机；6—减速器；7—滚筒中线；8—胶带中线；9—巷道中线；10—检修道中线；11—煤仓中线；12—梁中线

（孙恩棠 田广丰）

danye shuinijiang

单液水泥浆 (cement grout) 以水泥和水为主要成分配制而成的浆液。为了施工需要，单液水泥浆中有时掺入速凝剂、早强剂、塑化剂、悬浮剂等外加剂。所以，单液水泥浆有纯水泥浆、添加外加剂的水泥浆、添加特种水泥水泥浆、添加水泥代用品的水泥浆。

水泥一般为 425 号或 525 号普通硅酸盐水泥，其次是 425 号或 525 号的矿渣硅酸盐水泥；要求水泥的相对密度为 3.00～3.15，细度在标准筛（4900 孔/cm^2）的筛余量不超过 15%，在标准稠度下初凝时间为 1～3h，终凝时间为 5～8h。

水泥浆浓度一般是用水灰比（ρ）表示，根据受注地层的地质和水文地质条件及注浆目的而定，一般水灰比 ρ 为 0.5～2，在特殊情况下水灰比 ρ 为 2～10。

为使单液水泥浆速凝早强，常添加三乙醇胺（占水泥重量的 0.05%）与氯化钠（占水泥重量的 0.5%）复合速凝早强剂，可使水灰比 $\rho=1$ 的水泥浆初凝时间由 14h 缩短到 7h 左右，终凝时间由 25h 左右缩短到 12h 左右。在岩石裂隙开度大、涌水量大的地层中，采用 BR 速凝早强剂，将单液水泥浆配制成稠化浆液，以控制浆液的扩散距离并缩短注浆时间。

为防止水泥颗粒沉降析水，以提高其可注性，通常使用粘土、膨润土作为水泥浆的悬浮剂；使用亚硫酸钠纸浆废液、食糖、硫化钠作为塑化剂，以降低水泥浆的粘度，增加可注性。

普通水泥中掺加水泥重量 20%～35%的高铝水泥或硫铝酸盐等特种水泥，能使水泥浆的凝固时间可在 20～40min 内调节到该种水泥浆固化后，体积略有膨胀，结石体的抗压强度有所下降。

（赵 诚）

dangliang zhayao

当量炸药 (equivalent to sheathed explosive)

含有与被筒炸药相当的消焰剂、其安全性与被筒炸药相当的无被筒炸药。

当量炸药是 20 世纪 50 年代初期，在英国出现的一种安全性较高的煤矿许用炸药，由于安全性和被筒炸药相当，故称当量炸药，简称 Eq.S. 炸药。当量炸药用氯化钠作消焰剂，含量高达 40%左右，作功能力仅有爆胶的 40%～50%。英国 1956 年当量炸药的使用量占 75%，1961 年达 80%（岩石爆破）和 90%（煤层爆破）。英国的当量炸药有胶质、半胶质和粉末等多种形态，硝化甘油含量分别为 27%、17%和 8%。至 20 世纪 80 年代，当量炸药已逐渐被高安全炸药所取代。

日本有 Eq.S.－Ⅰ和 Eq.S.－Ⅱ两种当量炸药，后一种属于高安全性炸药，采用沟槽曰炮试验，装药量达 300g 时也不会引起瓦斯、煤尘爆炸。

（秦太杰）

daobaoguan

导爆管 (Noncl) 又称“塑料导爆管”，曾称“诺内尔管”。内壁附有猛炸药（奥克托金，铝粉及添加剂），以低速传递爆轰波的挠性塑料细管。导爆管有 A、B 两种型号，外径 3.0mm，内径 1.4mm，装药量 14～16mg/m。在常温（+25℃）条件下测定爆速：A 型 1700±50m/s，B 型 1950±50m/s。引爆感度：用传爆雷管（8 号）在连结元件中应同时起爆八根以上导爆管。耐静电性能：30kV、330pF、极距为 100mm，1min 不起爆。耐高低温性能：+50±5℃，－40±5℃条件下，保温 30min 后起爆，传爆可靠。抗冲击性能：锤重 10kg，150mm 落高冲击不起爆。传爆安全性能：导爆管及管尾泄出能不引爆密度等于或大于 1.6g/cm^3 的太安传爆药柱。抗拉力：常温下（+25℃）不低于 68.8N，高温（+50℃）不低于 49N，低温（－40℃）时，不低于 98N。塑料导爆管与起爆元件、连结元件、非电瞬发和延期雷管组成新型非电起爆系统，其优点是可以避免因静电、杂散电、雷电等干扰使连线电阻变化而造成的

瞎炮、丢炮等现象，它传爆可靠，使用方便、安全性好。可用起爆枪、雷管、导爆索或专用激发装置起爆，起爆后，爆轰波在管内传播，通过连结元件，向各分支导爆管继续传爆，与毫秒导爆管雷管组合可实现孔内、外延期进行多段毫秒爆破。缺点是网路不能预先准确检查，防水性能差，塑料管强度低、怕砸等。

导爆管及其起爆系统于20世纪70年代初由瑞典硝化诺贝尔公司首先发明，中国1970年开始生产，近年来在冶金矿山、露天煤矿及地面爆破工程中获得广泛的应用。由于传爆时可能产生火焰，目前在煤矿井下有瓦斯、煤尘爆炸的危险的环境中还不能使用。

参考书目

杨永琦，《矿山爆破技术与安全》，煤炭工业出版社，1991。

（崔应娟）

daobaoguan leiguan

导爆管雷管 （Nonel detonator） 由导爆管的冲击波冲能激发的雷管。导爆管雷管分为瞬发导爆管雷管和延期导爆管雷管两大类。延期导爆管雷管按延期时间分为：毫秒导爆管雷管、半秒导爆管雷管和秒导爆管雷管。中国延期导爆管雷管标准（ZB89002—88）系列见表。

延期导爆管雷管标准系列

段别	毫秒导爆管雷管	半秒导爆管雷管		秒导爆管雷管	
	(ms)	第1系列	第2系列	第1系列	第2系列
		(s)			
1	0	0	0	0	0
2	25	0.50	0.50	2.5	1.0
3	50	1.00	1.00	4.0	2.0
4	75	1.50	1.50	6.0	3.0
5	110	2.00	2.00	8.0	4.0
6	150	2.50	2.50	10.0	5.0
7	200	3.00	3.00		6.0
8	250	3.60	3.50		7.0
9	310	4.50	4.00		8.0
10	380	5.50	4.50		9.0
⋮	⋮				

毫秒导爆管雷管有间隔为10ms，总延期时间1100ms，共30段的产品。导爆管雷管根据抗水性分为普通型和耐水型两种。

导爆管雷管由导爆管和火雷管（有的火雷管装有延期元件的）组成。其构造是将导爆管的塑料封口插入火雷管，在管口处卡紧固牢。无起爆药导爆管雷管以起爆元件中的装药代替起爆药。延期导爆管雷管在火雷管上装延期元件，延期雷管装药为无气体延期药，燃烧速度与导爆管冲击能、火焰强度和压力有关，具体影响因素有：导爆管爆速（沾药量和药粉细度），导爆管长度（点火能和气室空间），导爆管击发方式（火帽或电火药），导爆管意外穿孔及其位置等。起爆能量大燃速快，气室压力低燃速慢。

导爆管雷管用于起爆炸药、导爆管和导爆索。导爆管雷管与塑料导爆管经连接块和分路器连接，可构成非电爆破网路。各种电源不能引爆塑料导爆管和导爆管雷管，在有杂散电流、静电、雷电等条件时使用安全，广泛应用于矿山、土木工程的爆破工程，但禁止在煤矿井下有瓦斯煤尘爆炸危险的工作面使用。

（徐中禧）

daobaosuo

导爆索 （detonating cord） 以猛炸药黑索金或泰安为药芯，外覆包覆层和防潮层（或外覆塑料管），能传递爆轰波的索状起爆材料。其结构与工业导火索相同，由芯线、药芯、内层线、中线层、防潮层、线条层、外线层和涂料层组成。

根据用途和性能不同分为普通导爆索、煤矿许用导爆索、油井导爆索、高能导爆索、低能导爆索、抗水导爆索等。

普通导爆索分为棉线导爆索和塑料导爆索两种。药量不少于11～13g/m，爆速不小于6000m/s，外径6.0～6.2mm。棉线导爆索在水深1m，水温10～25℃的静水中浸4h，按规定方法连接，用8号雷管起爆，传爆可靠。塑料导爆索在水压为50kPa，水温10～25℃的静水中浸5h后，按规定方法连接，用8号雷管起爆，传爆可靠。普通导爆索在50±2℃条件下保温6h，按规定方法连接，用8号雷管起爆，爆轰完全；在－40±2℃条件下冷冻2h，取出后按规定方法连接，用8号雷管起爆，爆轰完仓；承受500N静拉力后，仍保持爆轰性能；用1.5m长的导爆索能完全起爆一个符合规定的200g压装TNT药块。普通导爆索只能应用于露天煤矿或其它金属矿山的爆破作业，在有爆尘、瓦斯爆炸危险环境中禁止使用。

煤矿许用导爆索，与普通导爆索的根本区别在于黑索金药芯和外壳中加进了消焰剂降低爆热。消焰剂有碳酸盐、冰晶石、氯化钠等。爆速不低于6000m/s，外径7.3mm，药量12g/m，消焰剂（食盐）2g/m，采用聚氯乙烯包覆，能正常起爆煤矿许用铵梯炸药。该种导爆索的瓦斯安全性必须经国家指定检验单位检验符

合规定方能在煤矿井下有瓦斯、煤尘爆炸危险的地点使用。

油井导爆索有DB－1型和DB－2型两种。外径分别小于7.6mm和6.1mm，药芯为黑索金，药量分别为30～32g/m和18～20g/m，爆速均为6500m/s，在1h内可耐120℃温度；外壳均用聚氯乙烯包覆。这两种导爆索分别用于无枪身射孔和有枪身射孔。可用于高温和高压的油井，或在深水和较高温度环境中采用。为了能在超深油井中起爆射孔弹，中国成功研究并生产了外壳为铅皮的导爆索，外径6mm，装药量26～30g/m，爆速不小于6500m/s，耐温大于170℃，耐压不小于6.65×10^7Pa。在上述相应高温、高压条件下的其它爆破工程也可采用。

高能导爆索是相对普通导爆索而言，药芯药量较大，高达30g/m以上，适用于起爆钝感炸药或在某种特殊场合下使用。

低能导爆索，药芯药量较小，药量最小仅0.2g/m，输出能量小，不能直接起爆炸药，在露天煤矿、金属矿山和某些爆破作业中，用于敷设炮孔外导爆网路。

抗水导爆索，包覆层用塑料或铅等材料制成，具有较高抗水性能，用于水下爆破作业。

震源导爆索分棉线震源索和塑料震源索两种。均用泰安或黑索金为药芯，外壳分别缠以棉线、纸条外加沥青防潮。药芯药量达38g/m，外径不大于9.5mm，爆速不小于6500m/s。抗水性能、耐寒。耐热性能、抗拉性能与普通导爆索相当。该种导爆索用于地质、石油、煤田勘探。

导爆索使用简便、安全；不受杂散电流、静电、雷电和射频电的影响。但本身需由其它起爆器材引爆，一端引爆后将爆轰波传递到另一端，引爆相连的炸药包或另一根导爆索。它既可经雷管起爆炸药用于各种爆破工程，又可作为独立的爆炸能源，用在金属成型、焊接、切割等领域。它与继爆管配合使用，可实现非电毫秒爆破。

参考书目

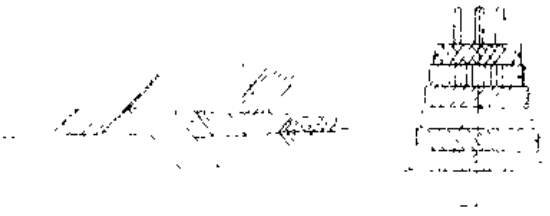
陈正衡，《矿用起爆器材》，煤炭工业出版社，1977。

杨永琦，《矿山爆破技术与安全》，煤炭工业出版社，1991。

（崔应炳）

daohuosuo

导火索 （safety fuse） 以黑火药为药芯，外覆包覆层和防潮层（或外覆塑料管），能连续均速传递火焰的索状起爆材料。由芯线、药芯、内线层、中线层、防潮层、纸条层、外线层和涂料层组成，结构见图。



工业导火索结构图

1—芯线；2—药芯；3—内线层；4—中线层；5—防潮层；6—纸条层；7—外线层；8—涂料层

导火索于1831年由毕克福德（W·Bickfovd）发明，19世纪中期开始广泛应用于爆破工程。主要作用是传火和延期，即：通过火焰传递引爆火雷管；在手榴弹等军品和延期雷管中作为延期元件起延期作用。根据使用需要，导火索分工业导火索、延期导火索、防水导火索、安全导火索等。

工业导火索外径5.2～5.8mm，药芯直径不小于2.2mm，药量为8g/m，喷火强度（喷火长度）不低于40mm，燃烧时不得有断火、透火、外壳燃烧、爆声及速燃等现象，在1m深常温（20℃）静水中浸4h后燃速及燃烧性能不变，在温度为45℃的恒温箱中放置2h不允许有粘结和外壳破坏等现象，在－25℃的条件下放置1h不允许有裂纹和折断现象。工业导火索分普通导火索和缓燃导火索两种，其燃烧速度：普通导火索为100～125s/m，同批燃烧时间极差不大于15s；缓燃导火索燃烧速度为180～215s/m，同批燃烧时间极差不大于25s。

延期导火索专作雷管的延期元件用，外径5.9～6.1mm，药芯直径2.5mm，药量8～10g/m，燃速有几种规格：60～80s/m、90～100s/m、150～170s/m、240～260s/m。其他性能与工业导火索相同。

其它导火索大都以其性能特点取名。其结构与工业导火索相同。防水导火索防水性能较强，可用于水下作业。安全导火索在药芯燃烧过程中包覆层不燃烧。20世纪80年代还出现了耐一定温度和压力的导火索。

导火索目前在水利建设和采石场的爆破工程中使用，由于燃烧时产生火焰，不得在有煤尘、瓦斯爆炸危险的环境中使用。

参考书目

陈正衡，《矿用起爆器材》，煤炭工业出版社，1977。

（崔应炳）

dimidu zhayao

低密度炸药 (low density explosive) 明显低于常规炸药密度(密度≤0.75g/cm³)的炸药。以适应特殊爆破作业的需要。

低密度炸药是在炸药组成中掺入某种低密度材料制成。英国尤尼柯尔(Unicol)当量炸药,密度为0.75g/cm³,靠所含7.2%植物纤维来控制密度,它作功能力较低,质量做功能力只有爆胶的39%,主要用于生产大块煤的爆破作业。法国生产过两种低密度炸药,目的是为了提高炸药的瓦斯安全性。90年代,中国也出现了一种"低密度光爆炸药",是在乳化炸药的基质中,掺入3%~13%的聚苯乙烯作为密度调节剂,密度为0.30~0.70g/cm³。低密度炸药的作功能力都很低,适合在生产大块无烟煤和光面爆破作业中使用。还有一些特殊用途的低密度炸药,如用作消除焊接应力的粘结炸药,它为单质炸药(黑索金或泰安)与泡沫塑料混合炼制而成。还有适用于爆炸加工、金属硬化的低密度低爆速纤维炸药,本身并不含低密度材料,是由单质炸药(黑索金、泰安等)、粘结剂、增强剂等经特殊加工而成,密度仅为0.22~0.59g/cm³。

(秦太杰)

dimian gongpeidian shebei anzhuang

地面供配电设备安装 (installation of ground power supply distribution system) 主要指地面主变压器、高压断路器、隔离开关、互感器、避雷器、电力电容器、电抗器、高压开关柜、低压配电盘(柜)等设备及接地装置的安装。安装应按设计图纸施工,符合质量标准规定。地面供配电设备送电运行前必须按照《煤矿电气试验规程》规定的试验项目和标准进行试验,合格后方可送电试运行。

主变压器安装 地面上变压器是供给矿井(厂)电能的关键设备,安装质量要求较高。安装前应检查器身有无变形、渗油现象,清点附件和出厂资料是否齐全,验算吊装机具承载能力,检查变压器基础的轨道水平度,装有气体继电器的变压器应使其顶盖沿气体继电器气流方向有1%~1.5%的升高坡度。器身吊装就位后要找正并用止轮器固定。

容量在1000kVA及以上的变压器必须进行抽芯检查。可利用器身吊装就位用的吊装机具抽芯,起吊绳索夹角不得大于60°。抽芯检查时器身温度不宜低于0℃,空气相对湿度不超过75%。抽芯检查的主要项目和要求:①各部螺栓需紧固并有防松措施;②铁芯无变形,各部绝缘良好;③穿芯螺杆与铁芯、铁轭、夹铁彼此之间的绝缘良好;④各线圈排列整齐、间隙均匀、油路畅通;⑤引线绝缘包扎紧固无破损,固定牢靠;⑥分接开关各分接点与线圈的连接正确牢固,各分接触头接角紧密弹力好,转动触头正确停留在相应位置上且与指示位置一致;⑦若油箱有渗漏应在抽芯检查时处理好;⑧清理器身各部和油箱底部,并用合格的变压器油冲洗干净。

变压器散热器、油枕等附件安装好以后,要往变压器内注入合格的变压器绝缘油。绝缘油的闪点、凝点、酸值、粘度及绝缘强度等指标应符合国家标准规定。

变压器整体密封性检查在注绝缘油后进行。检查的方法是用油泵把合格的绝缘油或直接把压缩空气从油枕引到变压器内部,升高压力0.03~0.04MPa,并延续24~48h,再观察变压器各密封部位有无渗漏。

变压器要按《煤矿电气设备试验规程》规定做交接试验,如线圈绝缘电阻低于标准规定则必须进行干燥处理。全部试验项目合格后方可送电试运行。变压器初次送电要进行5次全电压冲击合闸,无异常声响,无负荷运行12h,再带负荷运行24h,一切正常后即可移交投入正常运行。

高压断路器安装 按照灭弧方式高压断路器,可分为油断路器、空气断路器、六氟化硫断路器、真空断路器和磁吹断路器五种,各种类型的断路器均应遵循制造厂提供的"产品安装使用说明书"进行安装。煤矿企业6~35kV供电系统使用油断路器较为普遍。油断路器一般是厂家整体组装,吊装就位比较简单,水平、垂直度、中心距离和高度误差符合规定即可。对于手车式少油断路器的安装尚应满足:轨道水平、平行,手车操作灵活轻巧,制动装置应可靠且拆卸方便,隔离静触头安装位置正确、接触良好,接触行程和超行程符合规定。

解体检查是油断路器安装的一项重要内容,解体部件按拆卸顺序依次排列整齐,对金属部件用汽油清洗、白布擦净风干,对油内工作的部件在变压器油内清洗、绸布擦净风干,各种气孔、油孔要清理干净。然后按顺序组装,要确保灭弧室油气孔道畅通,动触头不得与灭弧室的绝缘筒或隔离层发生局部摩擦,动静触头中心应对准、接触压力要均匀,接触面要平整,导电回路接触电阻值在规定范围内。

安装调整操动机构并与断路器联合动作,要求分合闸机构灵活、指示准确。弹簧操动机构、电磁操动机构和液压操动机构安装操动程序各不相同,应严格按"产品安装使用说明书"要求安装操作,防止损坏零部件。通过调整缓冲器、合闸限位装置、传动机构的行程和转角使断路器的分合闸速度、总行程和超行程符合

规定。为了测量的方便，常用专门制作的样板检查传动机构各联接轴的相对位置。对绝缘强度不合格的断路器，可进行烘烤干燥，然后用合格的绝缘油冲洗油箱和绝缘部件，最后将油箱充满油。

隔离开关安装　煤矿企业6～35kV供电系统35kV隔离开关通常装在室外混凝土构架或钢构架上，而6kV隔离开关则装在高压开关柜内。35kV隔离开关由制造厂组装成单相组件，安装时将三个单相组件吊装到构架上，校正三相距离、水平度、垂直度，然后调整三相连动水平平连杆和垂直操作连杆，要求连杆和限位装置使开关合闸时能合足，分闸时触头的净距或开度符合规定值，三相接触同时符合规定。限位装置与开关的实际位置相符，操作机构灵活可靠。连接导线，导线不应对开关有较大的水平拉力。负荷开关、高压熔断器安装与隔离开关安装相同。负荷开关三相灭弧刀刃要同时跳离灭弧触头，熔断器的熔丝规格应与设计值相符。

互感器安装　互感器分电流互感器和电压互感器两类，其作用是将高电压、大电流变为低电压、小电流，以满足测量仪表、继电保护器的需要。根据安装地点不同互感器又分为户内式和户外式。户外互感器多为油浸式，安装前要检查绕组绝缘状况，外部有无损伤和漏油现象。

互感器安装要求是：安装面要水平，同一组互感器的极性方向应一致；一次母线联接时不得使互感器承受机械应力；电容式电流互感器必须根据产品成套供应的组件编号进行安装，不得互换；零序电流互感器的构架不得与铁芯直接接触，暂不使用的电流互感器二次线圈应短接后接地。

避雷器安装　装设避雷器是防止电气设备遭雷击，确保设备正常运行和人身安全的重要措施。地面变电所普遍使用阀式避雷器。阀式避雷器安装前应进行外观检查，与设计型号相符、无破损、密封良好，按《煤矿电气试验规程》规定进行试验，对串联元件进行合理组合搭配，合格后方可安装。避雷器底座安装时三相中心线一致，避雷器法兰接合面要接触良好并涂一层凡士林，均压环要与上部一节避雷器一起组装，一次吊装不准超过两节，母线、接地线连接要符合规定。要检查放电记录器的可靠性，即用电压互感器升压至1500V，瞬时加到记录器上，记录器应能动作，连续试验一个循环，无误、视为合格。

电力电容器安装　煤矿企业变电所一般装设高压或低压移相电容器，用以改善电网功率因数、提高供电质量。电容器安装要求：①外观检查外壳不得有凹凸缺陷，不应有渗油现象；②按《煤矿电气试验规程》规定做交接试验，不合格的不得安装；③成组安装的移相电容器三相电容量的差值不应超过三相平均电容量的5%；④电容器室必须满足电容器运行时的各种技术要求；⑤电容器接线宜采用软线连接，电气回路和接地各连接点必须接触良好；⑥熔断器熔体额定电流符合设计规定，放电回路完整。

电抗器安装　电抗器有空心式电抗器、铁芯式电抗器和饱和电抗器三类。煤矿企业变电所一般使用混凝土结构的空心电抗器（又称水泥电抗器）作为限制井下母线短路电流之用；铁芯电抗器作为大容量电动机起动时降压用（安装时参照变压器安装有关规定）。水泥电抗器安装要求：①安装前外观检查，混凝土支柱无损伤裂纹，线圈绝缘良好无变形，支柱绝缘子及其附件齐全完好，混凝土支柱局部细微裂纹可予填补并涂以防潮绝缘漆；②安装位置符合设计要求，安装稳固；③三相垂直布置时B相必须放在中间，且线圈绕向应与上下相方向相反；④两相重叠一相并列时重叠的两相绕向相反，另一相与上面的一相绕向相同；⑤三相水平排列时的三相绕向相同，垂直安装时各相中心线应一致；⑥每个支持绝缘子顶帽应垫厚度不超过4mm的绝缘硬纸板垫片；⑦必须接地的绝缘子接地要牢固，接地线不应成闭合回路。

高压开关柜安装　6～10kV高压开关柜作为供配电和电动机起动设备在煤矿企业广泛使用，柜内装少油断路器或真空断路器。高压开关柜安装要求：①安装前检查型号、规格应与设计相符，元件无损坏，附件、备件、技术资料应齐全；②安装基础型钢顶部平直度、侧面平直度应在规定范围内；③安装位置应与设计相符，成列安装应排列整齐，垂直度、柜顶平直度、柜间间隙在规定范围内；④柜内断路器、隔离开关、互感器、操作机构等按有关规定进行检验调整；⑤按《煤矿电气试验规程》进行交接试验，继电保护整定符合设计要求，二次保护整组试验动作可靠，操作机构分合闸灵活。

手车和抽屉式开关柜安装尚应符合以下要求：推拉灵活轻便，无卡阻碰撞现象；动静触头中心线一致，触头接触紧密；机械电气闭锁动作准确可靠；手车或抽屉与柜体间的接地触头应接触紧密，进入时接地触头应比主触头先接触，拉出时程序相反。

低压配电盘（柜）安装　低压配电盘（包括各种型号的1000V以下配电盘、柜、箱）是煤矿企业地面低压供配电和对各种负载提供保护、监视、控制的主要设备，盘内根据需要装配各种刀开关、空气断路器、接触器、继电器、计量仪表等低压电器。低压配电盘安装技术要求：①安装前检查型号、规格应符合设计要求，元

件无损坏，附件、备件、技术资料应齐全；②安装基础型钢顶部平直度、侧面平直度要在规定范围内；③成列安装应排列整齐，垂直度、盘面平直度、盘间间隙要在规定范围内；④低压盘与基础型钢一般焊接固定，主控制盘、信号盘、继电器盘、自动装置盘宜用螺栓固定；⑤继电器盘应与接触器盘分开安装，或有防震措施；⑥盘内各种电器按有关规定进行检验调整，继电保护、过电流脱扣器整定值与被保护负载正确配合，仪表、信号装置指示正确。

母线安装 煤矿企业供配电系统普遍使用铝质矩形硬母线，硬母线一般为敞露式的，当工作电流大于10kA时多采用封闭式的。35kV室外母线一般使用铝质软母线。

敞露式硬母线制作安装：①按设计规定的长度和断面形状选材下料；②将单根母线整形、平直和弯曲，矩形母线宜进行冷弯，用专门机具如电动弯曲机或液压弯曲机制作；③母线焊接应由经培训考试合格的焊工进行，焊缝必须检验合格；④母线搭接按设计规定尺寸钻孔，搭接面要锉平涂凡士林或导电膏，铜铝母线搭接一般是采用铜接触面镀锡或铝接触面超声波搪锡工艺，搭接面用镀锌螺丝压紧后再用塞尺检验合格；⑤为消除硬母线热胀冷缩产生的压力，一般要每隔20m左右装设一个母线补偿器。

封闭硬母线通常由制造厂成套供应，当支撑绝缘子安装就位后先安装中间一相，然后以中间相为基准安装两侧相，用调整支架垫板和移动底座的方法使各节接头错牙不大于1mm，将封闭母线固定，相间装上绝缘支撑板条。要求封闭线外壳连接紧密、插接线线槽的分段标志清晰、附件齐全、外壳无变形、内部无损伤。

安装硬母线支柱绝缘子时要注意保持绝缘子顶面在同一水平面或垂直面上，其中心线应符合设计要求。安装穿墙套管时对套管板必须做隔离处理，600A以上母线式套管端部的金属平板应选用非磁性材料。

软母线一般为35kV及以上室外母线所采用，软母线安装要求：①导线、金具型号、规格与设计相符；②用弛度尺实测三相弛度在规定值范围以内；③引下线连至设备时三相弧度应基本一致；④跳线应呈圆弧状、导线与构架最近处的距离不小于安全距离。

直流操作电源设备安装 直流操作电源是变电所操作控制、继电保护及信号回路的工作电源。中国煤矿主要使用蓄电池直流系统或硅整流电容贮能直流系统，前者由蓄电池组和硅整流设备组成，后者由电解电容器组和硅整流设备组成。

变电所常用的蓄电池组有固定式铅酸蓄电池组和固定式碱性铁镍蓄电池组两种。安装技术要求：①台架制作和防腐处理符合设计要求，安装平直、牢靠、与地面绝缘良好；②检查各蓄电池符合出厂产品技术要求，无渗漏和缺损；③蓄电池摆放均匀、母线及支架安装牢固平整、穿墙接线板密封良好，母线连接必须焊接；④蓄电池电解液的质量、配比等各项指标均应符合规定，液面高度应符合要求；⑤按出厂说明书规定进行初次充放电，如发现极板弯曲、变形、涂料剥落等现象应及时处理，各蓄电池均达到使用标准后方可正式投入运行。

硅整流电容贮能直流系统中电解电容器是补偿故障时直流母线电压降的主要元件，要求电容器组有足够的容量和端电压。安装电解电容器组前要检查其型号、规格、容量是否与设计相符，测试电容器是否完好，安装时连接线必须焊接牢固，电容器组对地绝缘必须符合规定，电容器组送电后通过检查开关检查其贮能情况，并做模拟试验，即断开整流电源、模拟被保护电力系统过电流故障，电容贮能应能使保护装置可靠跳闸。

硅整流设备安装应做到：①测试绝缘电阻和对主回路做交流耐压试验时必须按规定对整流管、电容器等元件进行短接处理；②对整流管逐个进行测试检查；③整流装置系统调试，保护、信号系统参数整定必须按设计说明书要求进行；④整流设备带负荷运行各元件温度不得超过规定，在电压调整范围内负荷电流应能达到额定值。

接地装置安装 接地装置按其不同的作用分为工作接地、保护接地、重复接地、低压接零保护接地、防雷接地及防止外部信号干绕屏蔽接地等。接地装置的制作和安装都必须按设计进行。利用自然接地体需事先计算其接地电阻值是否符合要求，人工接地体导体截面应符合热稳定与均压的要求，在腐蚀严重场所接地体接地线均应镀锌处理，在高土壤电阻率地区应采取措施降低接地电阻值。接地体顶面埋设深度不应小于0.6m，接地体和导线连接应焊接，接地导线易受损伤处应用管子或角钢加以保护。电气设备不得串联接地，接地干线至少应在不同位置的两点与接地网相连接，自然接地体至少应在不同位置的两点与接地干线相连接。屏蔽线应一端接地。用接地摇表实测接地电阻值应符合《煤矿电气试验规程》规定。

参考书目

《电力变压器安装》（修订本），水利电力出版社，1977。

庞骏骥，《高压开关设备安装》（油断路器部分），水利电力出版社，1979。

《电机工程手册》，机械工业出版社，1982。

刘乾生，《电力电容器安装运行和检修》，电力工业出版社，

1980。

《煤矿电工手册》，煤炭工业出版社，1987。

孔庆东，《大电流母线的设计制造及安装》，水利电力出版社，1988。

《冶金电气调整手册》，冶金工业出版社，1975。

（李孝勇）

dimian yuzhujiang

地面预注浆 （pre - grouting from the surface） 井筒开凿前，对含水层或松散地层由地面进行的注浆。它不占建井工期，施工条件好，可采用大型钻注设备，多台钻机同时作业。

注浆深度 根据含水层埋藏条件和井筒深度确定。立井注浆深度应超过所注含水层底板以下 10m。当井底处在含水层时，为防止凿井过程中井底出现大量涌水，注浆深度应超过井筒底部 10m；若井筒穿过若干个含水层（组），各含水层（组）之间又无隔水层时，应对井筒穿过的全部岩层进行注浆。

用地面预注浆封堵基岩含水层，后用其它特殊方法通过松散覆盖地层时，如松散地层与下部基岩有隔水层，注浆起始深度应在隔水层中；如覆盖层与基岩含水层有水力联系，起始深度应在基岩风化带以下的岩层内，以避免浆液通过基岩风化带向松散地层跑浆。

注浆方式 指浆液压注形式和压注顺序。

浆液压注形式，有压入式和循环式两种。压入式注浆是用高压把浆液注到岩层裂隙、堵塞过水通道，这种方式注浆速度快、充塞致密，可将水泥浆类浆液注入开度大于 0.25mm 的细裂隙中，故被广泛采用。循环式注浆是在注浆孔口安装一套回浆管使未吸收的浆液返回到贮浆池，直至注到钻孔不吸浆为止，浆液在孔内循环流动速度不得小于 0.7m/s，以防水泥颗粒沉淀，该方式有利于控制浆液扩散范围和降低浆液消耗，适用于风化破碎和溶裂性岩层的注浆工程。

注浆段的压注顺序，有一次注全深和分段注浆两种。当含水层的裂隙开度和吸水率相近，上覆隔层的厚度足以承受下部注浆压力时，可采用一次注全深的方式。否则，采用分段注浆，分段注浆又分下行式和上行式两种。下行式注浆是在多含水层或厚含水层中，钻孔与注浆自上而下分层（段）依次进行的工艺，在高角度裂隙发育或破碎岩层中注浆质量好，但扫孔和其它辅助工作时间长。上行式注浆是钻孔一次钻至终深，自下而上分层（段）注浆的工艺，在使用粘土水泥浆液或在高角度裂隙不发育的岩层内，多采用这种注浆方式。

注浆段高 在厚含水层中将整个含水层划分为若干段依次注浆时，每段的注浆长度。影响注浆段高的主要因素是地质及水文地质条件、注浆泵的排浆能力和浆液性能等，立井预注浆段高一般为 10～60m。

各含水层的物理力学性能、裂隙开度、吸水率相近时，可将含水层划分在同一段高内，否则，应划分在不同段高中。

为了缩短注浆工期，应加大立井注浆段高，乌克兰采用 80～100m、最大 300m 的注浆段高，均能达到堵水标准，因此，只要注浆泵的排出能力大于受注孔段吸收能力，增大段高是可取的。但对岩帽或断层带的加固注浆，用小段高注浆质量好、浆液消耗少。

注浆孔 向受注层输送浆液和贯通裂隙的钻孔。孔数由岩石裂隙特征、掘凿断面和注浆设备能力来确定，通常为 3～9 个。当岩石裂隙发育，相互沟通且呈低角度分布时，注浆孔数宜少，在掘凿断面外围布直孔。当岩石裂隙呈高角度发育时，可在立井井筒断面附近按三条平行线布孔，使钻孔轴线有一定偏角，以便提高揭穿裂隙的机率。

注浆孔结构是指钻孔全深的孔径变化，它根据地层条件、注浆深度、终孔孔径和注浆方式确定。为便于施工，钻孔结构力求简单，变径次数要少。当松散地层厚度较大时，应在松散地层中安设套管，立井注浆段孔径一般为 89～127mm。大直径钻孔对注浆有利，但钻孔效率低，速度慢。

注浆施工顺序 注浆孔钻至设计深度（层位）后，依次进行下放及安装止浆塞、压水试验、注浆、定量压水及待凝等的工序。

止浆塞根据注浆段高安装在孔形规则、岩石坚硬的孔段，注浆与未注浆孔段重叠长度应为 3～5m。在封隔钻孔后，经试压水检查不返水时，再进行压水试验。

压水试验的目的是把裂隙中的充填物冲到注浆范围以外，要测量注浆段的吸水量，它是选择注浆泵量、泵压和确定浆液配比的依据。

注浆过程中要保证连续供浆，满足注入量的要求，且要经常观测、记录吸浆量和注浆压力变化，根据注浆情况调节泵量、泵压，改变浆液浓度，确保注浆质量。

注浆结束后，压注定量清水将管路中的浆液压到受注段的钻孔中，待孔口余压消除后，再提出注浆管和止浆塞待凝。

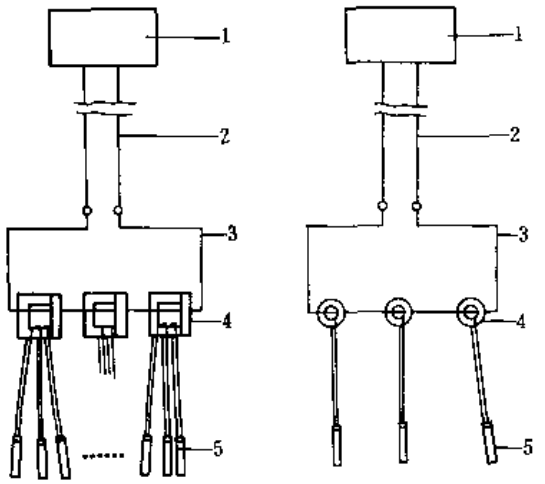
（崔增骐）

dianci ganying leiguan

电磁感应雷管 （electromagnetic inductive detonator，Magnedat） 又称磁电雷管。由电磁

感应产生的电能激发的雷管。其结构与一般雷管的不同处是两极脚线为短路，形成闭环并缠绕在一个圆形磁环（由强磁体 Mn－Zn 铁氧体制成）上。另一种是将磁芯作成方形其上可穿套 3～5 个雷管，如图 *a*、*b* 所示。

电磁感应雷管的起爆是由专用发爆器输出的数万赫兹的高频脉冲电流经爆破母线和辅助母线穿过雷管脚线上的磁环（实际上是一个电磁转换器）中心，使雷管短接的环形脚线产生感应电流而起爆雷管（如图 *a*、*b*）。辅助母线穿过磁环相当于一次线圈，雷管脚线相当于二次线圈，实质上成为一个电流互感器。



电磁感应雷管及起爆系统图

a—方形磁芯电磁雷管；*b*—圆环磁芯电磁雷管

1—专用发爆器；2—爆破母线；

3—辅助母线；4—磁芯；5—电雷管

电磁感应电雷管的最大特征是安全，它只接受专用发爆器输出的一定频率的交流电、工频电，其他频率的交流电以及各种外来电对它不发生作用。而且电雷管脚线始终保持短路和绝缘，杂散电流不能直接进入桥丝回路，此为安全的基本保证。即使在装药连线过程，脚线有两点以上的绝缘损坏，恰有杂散电流通过，流经电磁雷管的最大杂散电流仅为普通电雷管的 12%。爆破母线泄漏电流在通过磁芯时，由于磁芯的频率特性和磁饱和现象，在脚线回路中基本不产生感应电流，实验测定直流电流在 120A 时感应电流为 0A、交流电流（60Hz）100A 时感应电流仅 0.42A（感应能量 0.0419mJ），都不能引起雷管爆炸。同时，系统连线简单，只需将雷管脚线环和辅助母线穿入磁环即可。它适用于电器、电缆、高压线等产生杂散、泄漏电流较大，淋水、涌水较大的爆破场所。

电磁感应雷管是 1980 年前后发明的新型雷管，是英国 ICI 公司研制的新型电起爆系统、雷管名称为马格纳迪特（Magnedat，即磁电雷管的缩写）。它应用于井筒掘进、地下开采、露天采掘、隧道施工等爆破工程。1984 年中国生产有电磁感应雷管和与之配套的电磁感应发爆器。

（王树仁　徐中禧）

dianci yanshui liuliang jianceyi

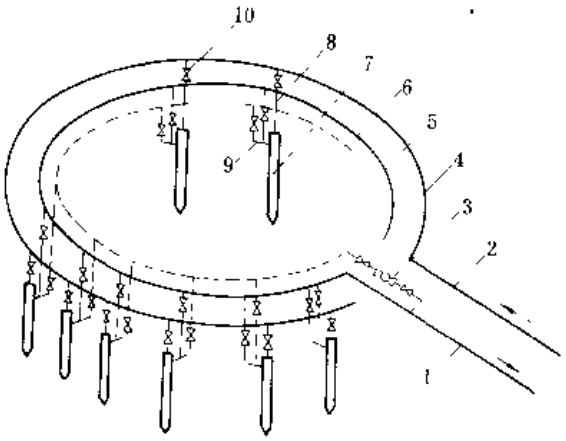
电磁盐水流量检测仪 （salt water electromagnetic flow meter） 测定盐水（冷媒剂）流量的电磁式专用仪器。足够的盐水流量是保证冻结壁按时形成的重要条件之一，定期测量去、回路盐水流量可以及时判断冻结器的工作状况、管路是否畅通以及有无盐水漏失等情况，也是正确计算冻结器传热效率和冻结有效冷量的重要依据。

冻结器盐水流量检测仪有机械式、超声波式、电磁式等类型。电磁流量检测仪主要由流量传感器和流量转换器组成，其技术特征见表。流量传感器为直管型，直接安装在盐水管路上不会阻碍盐水的正常流动。中国产 LDG－50 型电磁流量传感器和 LDZ－4A 型电磁流量转换器（二次显示仪表）。

附表　中国产电磁流量检测仪主要技术特征

流量传感器	
型号	LDG－50
工作环境温度	－10～55℃
工作环境相对湿度	5%～95%
被测介质电导率	10^{-4}～10^{-1}s/cm
公称直径	50mm
流量测量范围	0～20m³/h
流量转换器	
型号	LDZ－4A
工作环境温度	0～40℃
工作环境相对湿度	80%
显示误差	±1%
电源电压	220V

检测方法是在冷冻沟槽内增设一圈检测流量辅助管路和若干控制阀门，把流量传感器安装在回路盐水干管上（见图），流量转换器置于地面检测房内。测量



冻结器盐水流量检测系统图

1—回路干管；2—去路干管；3—电磁流量检测仪；4—配液圈；5—集液圈；6—检测流量辅助管路；7—冻结器；8—供液管；9—回液管；10—阀门

时关闭冻结器与集液圈的连接阀门和打开冻结器与检测流量辅助管路的连接阀门，便可分别检测每个冻结器的盐水循环量。

（陈文豹）

dianlan fushe

电缆敷设 （cable laying） 沿设计路径放置和固定电缆的工程。一般指电力电缆、控制电缆、通讯电缆和信号电缆的敷设。不同型号的电缆因构造、用途不同，其工作环境和敷设要求各异。电缆敷设前应检查产品出厂合格证、绝缘试验合格证等资料是否齐全，核对型号规格、长度、电压等级，检查电缆外观质量，然后按规定的标准作电缆敷设前的绝缘电阻、泄漏和耐压试验，对于矿用橡套软电缆则应抽样检查不延燃性能。电缆敷设时最小弯曲半径不得小于规定值，有些型号的电缆如油浸纸绝缘电力电缆对敷设水平差有限制，敷设时不得超过规定值。煤矿广泛采用环氧树脂电缆头。制作电缆终端头和中间接线盒时务必清洗干净电缆芯线和灌满环氧树脂。电缆终端头及中间接线盒制好后要进行绝缘电阻和泄漏电流测定及耐压试验，符合《煤矿电气试验规程》规定方可使用。

地面电缆敷设分为直接埋地、电缆沟、隧道、沿墙、架空、桥架、穿管与排管等敷设方式。当环境温度低于规定值时要对所敷设的电缆采取加温措施，一般采用室内温暖法或电流加热法。直接埋地敷设深度、与管道建筑物的距离必须符合规定；土壤对电缆有腐蚀的地方不宜用直埋；禁止将电缆放在其他管道上面或与管道平行敷设。电缆架空敷设固定点间的距离和与各种管道之间的距离应符合设计要求。在易燃、易爆及有腐蚀性气体等场所内明敷电缆时应穿管保护，管口应封闭。电缆沟内敷设电缆应有防止沟内积水的措施；电力电缆与控制电缆应分层排列，水平净距应符合规定。电缆桥架敷设应是弱电流控制电缆在最上层，高压动力电缆在最下层，桥架应可靠接地。

由于煤矿井下环境恶劣、对电缆的敷设有严格的要求。电缆在装卸和运输时要避免造成损伤。倒放电缆时禁止出现拧劲或打结现象。井下敷设电缆必须悬挂并留有适当弛度。悬挂高度应使电缆在有矿车出轨时不致受撞击，在电缆坠落时不致落到轨道或输送机上。电缆悬挂点的间距及电缆彼此之间的距离必须符合规定。通讯和信号电缆应同电力电缆分挂在井巷的两侧，电缆同胶皮风筒等易燃品应分挂在巷道两侧，压风管和水管上不应悬挂电缆。立井井筒中所用的电缆，中间不得有接头。井下巷道敷设电缆方法通常是人力牵引或机械牵引，井筒电缆敷设则使用齿井绞车、不旋转钢丝绳分段捆扎引导电缆下放敷设固定。

（李孝勇　王光恒）

dianleiguan

电雷管 （electric detonator） 用电能激发的雷管。曾称“电管”。它是在火雷管的上部增加一个电引火元件构成。

电引火元件有柔性和刚性结构两种。它由带塑料塞的绝缘脚线（芯线可以是铜线和镀锌铁线）、桥丝（镍铬丝和康铜丝）和引燃药构成。电雷管按通电后爆炸时间不同及是否允许用于有瓦斯爆炸危险的工作面，分类如下：

- 电雷管
  - 瞬发电雷管
    - 普通瞬发电雷管
    - 煤矿许用瞬发电雷管
  - 延期电雷管
    - 普通延期电雷管
    - 秒延期电雷管
    - 半秒延期电雷管
    - 1/4 秒延期电雷管
    - 毫秒延期电雷管
    - 煤矿许用毫秒延期电雷管

瞬发电雷管指电能激发后瞬时爆炸的电雷管。延期电雷管指电能激发后隔一定时间爆炸的电雷管。煤矿许用电雷管指经主管部门批准，允许在有瓦斯和（或）煤尘爆炸危险的煤矿井下使用的电雷管。

根据电雷管上装药药量的不同，分为 6 号和 8 号两种。6 号雷管不少于 0.4g，8 号雷管不少于 0.6g（钝感剂和消焰剂除外），装药均采用黑索金。起爆药采用

二硝基重氮酚或D·S共沉淀(参见火雷管)或叠氮化铅等,装药量必须使雷管中的主装药完全爆轰。管壳允许使用纸、铜、覆铜钢、铝、铁、塑料等材料。煤矿许用型电雷管只允许用铜、覆铜钢、纸等。管壳内径6.2mm,加强帽可用铜、镀锌铁等制成,传火孔直径不小于1.9mm。脚线(电雷管本身带有的传导电流的绝缘导线)必须是两种颜色,不允许有绝缘皮破损和芯线锈蚀,芯线可用铜、镀锌铁线,脚线材料要符合JB672—77(聚氯乙烯绝缘爆破线)的要求。脚线长度规定为2.0±0.1m,也可根据用户需要而定,除上面规定外,电雷管的性能必须达到下表的规定。

电雷管性能

项目	性能
电阻	采用镍铬合金[illegible]丝材料 铁脚线电雷管全电阻不大于6.3Ω,上下限差值不大于[illegible]Ω;桥丝电阻上下限差值不大于0.8Ω(由工厂工艺保证) 铜脚线电雷管全电阻不大于1.1Ω,上下限差值不大于[illegible]Ω
安全电流	对电雷管通以0.18A恒定直流电流[illegible]min,不应爆炸
串发发火电流	对电雷管通以规定直流电流,其发火电流的上限不大于0.45A
发火冲能	不大于8.7A²·ms
晾板试验(雷管起爆威力)	8号雷管应炸穿4mm厚铅板,6号雷管应炸穿4mm厚铅板,穿孔直径不应小于雷管外径
串联起爆电流	对串联连接的20发电雷管通以1.2A恒定直流电流,应全部爆炸
震动试验	震动机符合WJ[illegible]震动试验机一般要求,频率为60±[illegible]次/min,各向为150±[illegible]mm,连续震动10min不得发生爆炸,脚线不得有[illegible]的损坏、断路、短路、电阻不稳等
封口牢固性试验	静拉力10.8N,持续1min,封口塞孔和脚线不得发生滑脱,不得有移动和损坏
起爆安全性试验	按GB2899规定[illegible]号雷管、煤矿许用型电雷管各[illegible]发,煤矿许用型电雷管不得[illegible]

电雷管于19世纪80年代研究成功。由于它使用方便,用途广,可以在多个炮眼中同时起爆炸药,能适应大规模爆破作业的需要。电雷管问世后不仅在军事上,特别在民用爆破方面得到了迅速的发展,除能满足一般环境条件的爆破作业外,某些特殊环境条件下爆破作业的电雷管也应运而生。如能在有瓦斯、煤尘爆炸危险条件下使用的煤矿许用型电雷管;适应有静电、雷电危险环境的抗静电、抗雷电的电雷管;适应有杂散电流危险环境的抗杂散电流电雷管;能在高温、高压条件下作业的耐高温、耐高压型的电雷管等等。近年来,中国和美、英等国对无起爆药雷管(包括电起爆和非电起爆方式)的研究十分活跃,中国已正式生产并在实际爆破中应用,使雷管在制造和应用方面的安全状况大为改善。

电雷管安全电流 在电雷管的最大不发火电流(电雷管达到规定的不发火概率所能施加的最大电流)和要求的设计裕度下,保证电雷管在规定时间内不发火的恒定直流电流。它是电雷管对电流的一个安全指标。

该项参数采用电雷管参数测量仪进行测试,运用数理统计方法(如升降试验法或其它方法)进行试验和整理数据,计算出发火概率为0.0001的电流值,作为该批电雷管(电引火头)的安全电流值。试验时限定通电时间为30s,根据雷管或电引火头爆炸(发火)与否,调整电流值(电流调整幅度一般为0.0025A,设4~6个电流水平)并输入电雷管。每次试验,测试约30发雷管(或电引火头)即能求出该参数。电流表误差应不大于5mA,每发雷管(或电引火头)只准测量一次。

中国标准规定电雷管通以0.18A恒定直流电流5min不应爆炸。测试时,采用电雷管参数测量仪,将20发电雷管串联,测量电阻后,通以0.18A恒定直流电流,通电时间5min,20发电雷管均不发生爆炸为合格。

最小发火电流 曾称"最小准爆电流"。电雷管达到规定的发火概率所需施加的最小电流。它表示电雷管对电流的敏感程度。测试方法和电雷管安全电流试验方法相同。只是计算出发火概率为0.9999的电流值,通电时间为30s。中国标准规定:在规定时间内,通入恒定直流电流使电雷管(或电引火头)发生爆炸(发火)的最小电流值不大于0.45A。

发火冲能 又称"发火冲量"。是同时以电流值大小和通电时间长短来表示电雷管对电敏感程度的指标。中国标准规定,一般工程爆破用电雷管其发火冲量不大于8.7A²·ms。测定发火冲量时,采用专用的发火冲能仪或电雷管参数测量仪,先测出电雷管的百毫

秒发火电流(对电雷管通以恒定直流电流100ms,求出发火概率为0.9999的电流值),再以百毫秒发火电流两倍的恒定直流电流向电雷管通电不同时间(通电时间幅度以0.5ms为宜,当雷管爆炸时,降0.5ms,雷管不爆炸时,增加0.5ms。直到能求出发火概率为0.9999的通电时间为止。一般约需试验30发电雷管或电引火头),求出发火概率为0.9999的通电时间,然后按下式计算发火冲量:

$$K=I^2t$$

式中K为发火冲量,$A^2\cdot ms$;I为试验所用的电流,A;t为发火概率为0.9999的通电时间,ms。

20发串联发火电流 又称"串联最小准爆电流"、将20发电雷管串联连接,能使20发雷管完全起爆的最小恒定直流电流。20发雷管串联的准爆电流比单发最小发火电流一般要大一倍,也大于两倍百毫秒发火电流。中国标准规定,采用镍铬合金细丝作桥丝材料的电雷管,20发串联准爆电流为1.2A。测定时,采用电雷管参数测量仪,将20发电雷管串联连接,测量电阻后,对该串联组电雷管通以1.2A恒定直流电流(电流表误差不得大于0.1A),应全部爆炸。

铅板穿孔能力 又称"雷管起爆能力"。是衡量雷管爆炸能力的性能指标。中国标准规定,8号雷管应炸穿5mm厚铅板;6号雷管应炸穿4mm厚铅板。穿孔直径不应小于雷管外径。测定时与雷管的20发串联准爆试验合并进行,将电雷管直立在直径30~40mm的铅板上,然后通电,观察铅板被炸穿的情况。试验用铅板应符合WJ1044-78《工业雷管试验用铅板》的规定。4mm厚铅板的技术条件参照5mm厚铅板执行。

静电感度 电雷管对静电(主要是模拟人体静电)放电作用的感度。静电放电对电雷管的引爆作用,可以看成一只充电至一定电压的电容器在电雷管的脚线对脚线或脚线对壳体之间的放电,以测定电雷管引爆所需的50%发火电压(能量),或在规定条件下的发火率,并以此表示该批电雷管的静电感度。中国对电雷管的静电感度还没有制定标准,对该项性能指标没有统一要求,测试方法目前也不统一。一般的测试方法是固定贮能电容值,对电容器充以一定电压,然后对电雷管放电,观察电雷管是否引爆。对电雷管放电可以是脚线对脚线方式,也可以是脚线(两脚线短接后)对管壳方式。然后计算出50%发火电压或固定条件下的发火率,以表示该批雷管对静电放电的感度。

参考书目

陈正衡,《矿用起爆器材》,煤炭工业出版社,1977。

(崔应炳)

diaobeng

吊泵 (hanging pump) 悬吊于立井掘进工作面上方,用以排除井筒涌水的水泵。吊泵是专门为立井掘进排水设计的电动机驱动的立式多级半轴流式离心水泵,由凿井绞车(稳车)和钢丝绳悬吊。立井施工时由于工作面涌水量经常发生变化,涌水含泥沙量大,吊泵须随井筒工作面不断下移,井筒断面有限,要求吊泵纵向尺寸大而平面尺寸小(水平截面的长×宽大约在1.1m×1.3m左右),且易于起落升降,并能排含沙量0.6%~1.0%的混水,同时电动机必须防爆防潮,以适应立井施工环境。

中国产吊泵有NBD系列、DGL系列和DL系列等三类,流量30~60m^3/h,扬程35~750m,电动机转速1450r/min和2950r/min,吸程一般5~8m,效率56%~66%,配带电动机功率5.5~250kW。

吊泵由滤水器、底阀、吸水管、泵体、电动机、排水管、逆止阀、闸门及灌泵旁路管等主要部分组成,整体竖直装在一个金属框架上。在泵体上方的电动机经立轴驱动串接的水轮进行工作。吊泵叶轮为开式水轮,无前盘,便于排送含泥沙的混水;水轮向上呈倒锥形,为半轴流式,这种结构有助于减少水泵的截面尺寸,同时使水流能顺利地在水轮与机壳的间隙内流动。吸水口下方设滤水器及底阀。出水口上方设逆止阀和闸门,以防骤然停泵时造成水锤事故。逆止阀一侧设旁路管和小闸门,作为水泵启动前灌泵之用。因吊泵的电动机设在泵体上方,故排水管必须弯曲绕过电机面上。吊泵设司机平台,集中设置检查仪表,以便监视和控制水泵的正常运转。

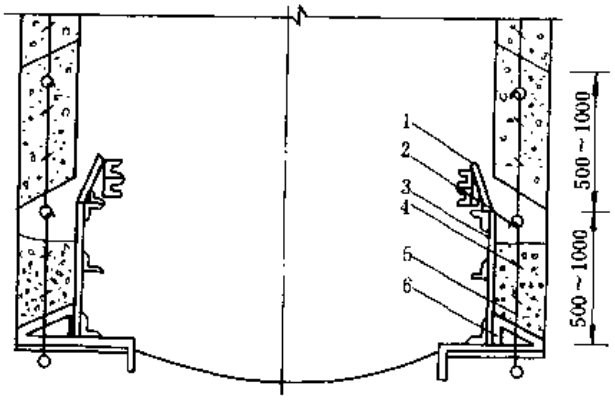
井筒工作面涌水量较大(一般指>10m^3/h),而且吊泵扬程能满足要求时,吊泵可以直接将工作面积水排至地面。即将1台或2台吊泵悬挂在吊盘以下,水轮入水口离工作面4~6m将吸水管末端的滤水器浸入水窝中。排水管路随井筒工作面推进逐根接长。放炮时,将吊泵提高至距工作面20~25m处。井筒涌水量不大时,可用风动潜水泵将水排至吊盘上的水箱中,再由吊盘上方的吊泵排至地面。这种排水方式可在水箱内将混水稍加澄清,有利于延长吊泵的运转时间,又不妨碍工作面伞钻、抓岩机等作业。当井筒深度超过吊泵扬程时,可将两台同类型吊泵串联排水。

在立井施工中,井筒涌水往往给作业带来很大危害,应在施工准备工作阶段预先作好防治水工作。吊泵排水只能作为一种辅助或备用措施。20世纪90年代由于深井增多,已研制了扬程500~1000m的高扬程吊泵。

(汪元垣)

diaogua jingbi

吊挂井壁 (hanging lining) 立井在不稳定的岩土层中及冻结井施工采用的一种将下一段砌筑的井壁悬吊于上一段井壁上的构筑井壁的作业方法。为了保持立井施工时围岩的稳定，减少其暴露时间和便于作业，井筒掘砌段高一般为0.5～1.0m，分段或分块对称掘砌。为了防止砌筑后的混凝土井壁失去自承能力，引起拉裂和脱落，井壁内需设置竖向钢筋。以承受混凝土的自重。钢筋的数量根据所吊挂井壁的重量和围岩压力计算确定。吊挂钢筋沿井壁环向均匀布置，上端为钩形，下端为圆环形，便于上下连接（见图）。吊挂井壁可做为立井临时支护或永久支护的一部分，然后进行二次套壁。



吊挂井壁施工图
1—接茬板；2—挂钩；3—金属模板；4—钢筋棒；5—吊挂钢筋；6—托盘

该法设备简易，施工安全，但工序转换频繁，井壁接茬多，封水性差，主要用于围岩渗透系数大于5m/d、流动性小、水压小于0.2MPa的砂层和透水性强的卵石层以及岩石风化带的立井支护。

（史天生）

diaopan

吊盘 (sinking platform) 又称工作盘。服务于立井井筒掘进、永久支护、安装等作业，悬吊于井筒中可以升降的双层或多层盘状结构物。它们可以用凿井绞车的钢丝绳悬吊，也可依靠自身的水平的伸缩杆与井壁的摩擦力实现上下移动和固定（迈步式吊盘）。在井筒掘进时吊盘可兼作稳绳盘。在砌壁和安装罐道梁、管道时，吊盘则为工作台。

20世纪90年代以前，中国多数采用双绳悬吊的双层吊盘，上层作为砌壁工作的保护盘，并固定悬吊钢丝绳和稳绳，下层则为砌壁工作盘，并悬吊抓岩机和安置其它施工设备、管线等。两根悬吊钢绳固定在吊盘的两根主梁上。因主梁承受吊盘的全部重量，必须是一根完整钢梁，通常与提升中心线平行，并对称布置。在两根主梁间布置一些副梁，以便安装设备或预留吊桶、吊泵、安全梯、管缆和中心测孔等通道口。在吊盘主副梁的外围布置一个封闭的圈梁，形成一个完整的盘状结构。两层吊盘的主梁间用4～8根立柱连接。盘面上除留有必要的孔口外，均铺设防滑网纹钢板。提升吊桶的通道口要用钢板围成喇叭形圆筒（喇叭口），以防人员或物料掉入井下。其他通道口可设喇叭口或盖门。吊盘圈梁的外径一般较井筒净直径小300mm，它与井壁间的间隙，用扇形折页遮挡。双层吊盘的层间距一般为4～6m。为了防止吊盘的摆动可用水平的插销、丝杠、气动活塞杆、液压千斤顶或汽车轮胎等固定。吊盘见下页图。

悬吊吊盘的钢丝绳经由地面的天轮导向后缠到凿井绞车的卷筒上。一个吊盘需用两台凿井绞车悬吊，它们必须同步运转。考虑吊盘悬吊的装岩机操作方便，减少无稳绳提升长度以及防止工作面爆破损坏吊盘及悬吊的设备，吊盘距工作面距离一般为15～30m。

随着砌壁工艺的变革，中国立井施工中已采用多层吊盘，其层数达3～5层，盘体总高度达10～15m。在采用平行作业时，多层盘的中间盘往往作为分送混凝土盘（分灰盘）或砌筑井壁盘。使用多层吊盘可以同时完成拆卸临时支护、砌筑井壁和拆装金属模板等项工作，且有利于增加砌壁的段高，减少吊盘的起落次数。

中国研制的迈步式吊盘。是将吊盘上的伸缩杆插入井壁中的梁窝，或依靠摩擦块撑在井壁上，以承受自重和工作荷载，不再使用钢丝绳悬吊，适用于深井。

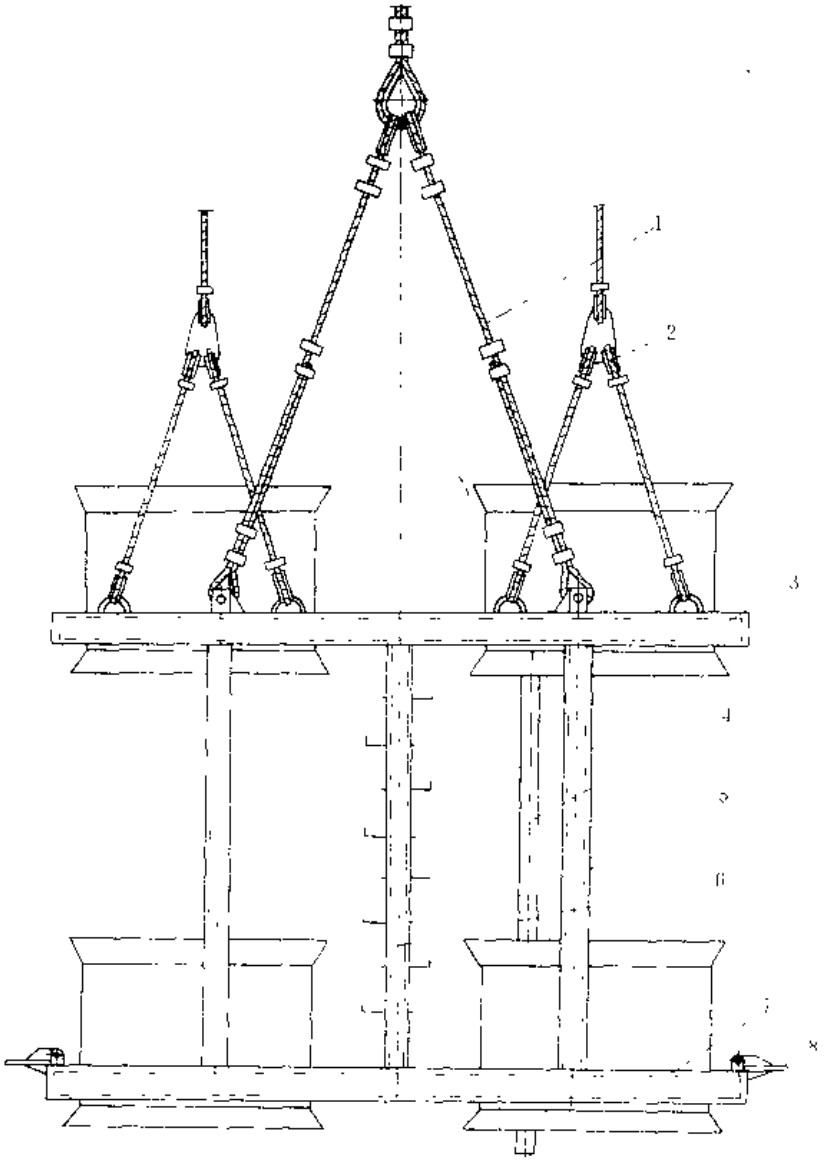
（汪元垣 华安增）

diaotong

吊桶 (sinking bucket) 立井施工时用以运出矸石、升降人员和器材的桶形提升容器。当井筒涌水量较小时，吊桶兼用于排水。吊桶分为挂钩式、座钩式、底卸式、自翻式等四种。

中国挂钩式卸矸吊桶有0.5、1.0、1.5、和2.0m³四种规格。它们在桶体下部周围有4个钩环，将任一钩环提高，即可倾倒吊桶卸除矸石。

中国座钩式卸矸吊桶有2.0、3.0、4.0和5.0m³四种规格。它们桶底焊有铁圈，当吊桶坐在偏心自动翻矸装置上时，该装置上的钩子钩住铁圈，实现自动翻矸。吊桶桶体外径为825～1850mm，桶口直径725～



吊盘图

1—吊盘悬吊装置；2—稳绳装置；3—上层盘；4—分风器；
5—立柱；6—梯柱；7—下层盘；8—扇形折页

1630mm，桶体高 1100～2100mm，全高 1730～3480mm，重量 195～1690kg。

中国底卸式吊桶有 1.2、1.6、和 2m³ 三种规格.它们底部设有闸门，打开闸门即可卸载，主要用于向井下砌壁工作面运送混凝土。

自翻吊桶(材料吊桶)利用吊桶重心移动实现自动翻转卸载和复位。重载时重心在吊桶翻转轴以上，当重心偏离吊桶提梁垂直平面时产生扭矩使桶体倾倒卸载。卸载后吊桶重心即转移到翻转轴以下产生反向扭矩使其自动复位。为防止吊桶在提升过程中发生自翻，在桶口设有两个保险锁卡将桶体锁固在吊桶提梁上。中国自翻吊桶有 0.5、0.75 和 1m³ 三种规格，一般用于井颈或浅井施工时提升土石、人员和物料，也可以向井下运送混凝土。

中国 1992 版《煤矿安全规程》第 390 条规定，吊桶提梁安全系数应同时满足两项安全系数。以曲梁理论计算的应力为准，其屈服强度计算的安全系数不小于 2.5，以模拟使用状态拉断力计算的安全系数不小于 13。

立井井筒施工期间向井下运送料石、混凝土砖等

块状砌壁材料时，常用吊笼代替吊桶。吊笼又称“料笼”、“活底下料框”，由框架和栅栏组成，有一个侧门和一个可分离的底座，没有顶盖，用钢丝绳悬吊，其容积一般为0.5～0.6m³。吊笼使用前应以3倍最大静载荷进行悬吊试验，经15min无异状后方为合格。使用过程中应经常检查各部件的可靠性。

钩头 联接提升钢丝绳与吊桶的钩形金属构件。根据1.5、2.0、3.0、4.0、5.0m³五种吊桶所需的提升重量，中国设计了36、50、70、90、110kN五种规格的钩头。钩头上附有保险带吊环，供乘吊桶人员吊挂保险带用。为了防止吊桶从钩头中滑脱，钩头上设置插销式保险卡。在钩头与钢丝绳连接器之间，有一个单向推力滚珠轴承，它的作用是防止提升时钩头与吊桶随钢丝绳旋转。

钩头与钢丝绳连接有两种型式。对于悬吊重量小于70kN的钩头，采用桃形环和板形绳卡连接。悬吊重量为70kN以上的钩头采用锥形套筒连接，用铅锑合金将钢丝绳浇铸在连接套筒中。另外还有双向接头连接其主要优点是降低了钩头与钢丝绳连接段的总高度，并且在吊桶不摘钩装岩时，减轻钢丝绳的损伤。

钩头装置要有足够的强度。中国1992年版《煤矿安全规程》第390条规定：专为升降人员和物料的提升容器的连接装置，其主要受力部件以破断强度为准的安全系数不小于13。钩头使用时，钩口出现永久残余变形或磨损达8mm时，即应报废。吊钩易磨损部位应采用喷焊或其它表面处理措施。使用期间吊钩磨损部位也可用喷焊修补。

（汪元垣）

diaochepan

调车盘 (turn plate) 用以改变矿车运行线路或方向的盘状调车设施，常用的调车盘有固定式和移动式两种型式。

固定式调车盘 一般在矿井地面轨道运输中采用。固定式调车盘由固定架和活动盘组成，固定架座落于混凝土基础上，活动盘可在固定架上旋转，活动盘上焊有轨条，便于与四周轨道联接，使用时将矿车推上活动盘，旋转活动盘即可改变矿车方向。其特点是：结构简单、体积小、维修方便，常用于机修车间内单个矿车调头、转向。

移动式调车盘 由于采用压缩空气驱动又称气动调车盘，适用于井下掘进工作面，它多安装于耙斗装岩机之后。移动式调车盘由盘体，气动调度绞车，操作台，空车推动气缸（又称短缸），重车推动气缸（又称长缸）组成。盘体用四块12mm钢板拼接而成，其上焊有左右扁钢、角钢、挡车器等用于限制矿车运行方向。钢板下也焊有角钢做为导向轨，浮放于双轨轨道上。气动调度绞车、操纵台及空车推动气缸均装于盘体上，重车推动气缸则装于耙斗装岩机台车台架内。调车盘随耙斗装岩机一起前移。调车时先用气动调度绞车将空车从空车线拉到调车盘上的空车位置，用短缸将单个空车推到耙斗卸矸口下进行装载，装满后用长缸将重车推向重车线，如此往复循环进行，其特点是结构简单、安全，维修、移动方便，操作灵活，效率高，调车人员少，其结构见图。



移动式调车盘

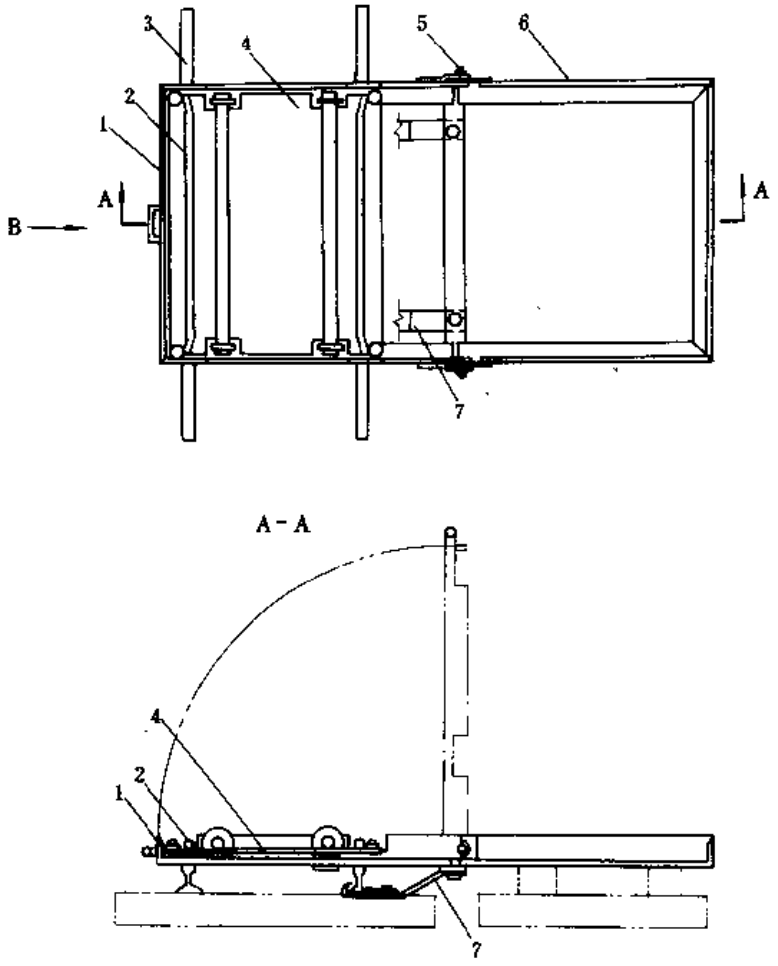
1—盘体；2—角钢；3—弯角钢；4—右扁钢；5—左扁钢；6—斜角钢；7—空车推动气缸；8—挡车器；9—重车推动气缸

（许 义）

diaocheqi

调车器 (car-transfer) 又称翻框式调车器或平移式调车器。指用以横向调车的可以移动的设施。

调车器由活动盘和固定盘组成，其框架由等边角钢焊接而成，中间用螺栓铰接成整体。固定盘可固定在空车线上或轨道一侧枕木上，活动盘可翻起折叠，盘上装有四轮可平行移动的滑车板，在角钢上滑行，滑车板上焊两根方钢或轨头，形成轨条，其间距等于轨距，在轨条两侧设有斜坡形道尖，便于和轨道搭接。调车方法：当工作面装岩时将存车场内空车推上滑板车，存到固定盘上，抬起活动盘，重车推出后，下放活动盘将滑车板上空车经导轨滑到活动盘上，用人工将空车经斜坡形道尖推到工作面进行装岩，然后再由存车场推来空车存放于固定盘上，如此往复循环实现调车作业，其特点是：结构简单，移动方便，调车速度快，但手工操作劳动强度大，不适用于重型矿车。翻框式调车器安设于装岩设备后面，随装岩设备的前移及时向前移动，可用于单轨或双轨巷道内进行调车，其结构见下页图。



翻框式调车器图

1—活动盘；2—轨条；3—爬坡轨；4—滑车板；5—轴；6—固定盘；7—定位卡

根据不同的施工条件还可采用不同的孔型。当地面建筑物下深部地层需要注浆时，可采用“S”型弯曲孔，能实现最大顶角 20°、水平移距 170m 的定向孔；治理矿井透水或主要含水层需加强注浆，注浆孔能在不同深度，钻成不同方位和顶角的分枝孔群，包围突水点，增加主要含水层注浆孔的密度，提高堵水效果。

定向孔注浆的关键是定向孔钻进，其工作原理是将一定顶角的斜向器下到孔底，经定向后锁紧固定，用小一级钻头在斜向器的引导下钻出新孔，然后取出斜向器，利用新孔导向进行扩孔钻进，改变原钻孔的偏斜方向。

Navi-mach Ⅰ型钻具是一种常用的井下动力钻具，可将 0.5°～2.5°角度系列的弯头斜向器接在该钻具的顶部，下到孔底测斜定向后，固定主动钻杆，使钻杆只能上、下移动不能转动，而以钻进的循环冲洗液为动力驱动钻头转动，按弯接头斜向器所定的方向钻出新孔，钻孔质量好、效率高。

1988 年在中国开滦煤矿东欢坨矿一号井进行定向孔注浆试验，钻成“S”形定向孔，完成深 541m 的注浆。1990 年东欢坨矿二号井，－420m 以上采用工作面注浆凿井，－420m 以下应用“S”形定向孔同时进行地面预注浆，6 个注浆孔布置在离井筒中心 19.1～32.6m 不影响凿井施工的位置，“S”形钻孔钻至－420m深度时，6 个钻孔均落在距井筒中心 14～17m 环形区域内，均布在井筒周围，然后改为竖向直孔，顺利完成－420～－750m 段井筒地面预注浆，实现了上部凿井和深部注浆平行作业，使建井工期缩短了一年。

（赵大奎）

（许 义）

dingxiangkong zhujiang

定向孔注浆 （directional hole grouting）

用定向造斜机具按预定的倾斜方向进行钻孔和注浆的工艺。定向造孔技术可使地面预注浆钻孔的开口位置远离井筒中心，从而实现上部凿井和深部注浆平行作业，或在生产矿井不停产的条件下，对井筒围岩进行注浆加固或堵水。

dingxiang paozhi baopo

定向抛掷爆破 （directional pinpoint blasting） 能将大量岩土按预定方向抛掷到要求位置井堆积成一定形状的爆破技术。用于矿山基建剥离、筑坝、筑路堤、移山填海、平整工业场地等工程可缩短工期，提高效率并取得显著经济效益。

定向抛掷爆破用于筑坝，移山填海等需搬运大量岩土时，一般是按爆堆（爆破后形成的岩石松散堆积体）的要求确定爆破范围（确定需搬移堆积的方量），在一定范围内进行药包布置和参数优择，抛掷堆积计算。在基建剥离和平整场地时要依地形和剥离量，抛掷量及抛掷方向等选择合适的爆破方法（硐室爆破或深孔爆破），进行爆破设计。在大量土石方工程中主要采用硐室爆破。

定向抛掷爆破的设计和布药方法是将堆积体重心定为“定向中心”，利用天然地形的凹面或人工开创的凹面（由辅助药包爆破形成）做为“定向面”，将主要爆破药包的最小抵抗线垂直于“定向面”并指向“定向中心”，爆破后主要药包爆破的岩体都向着“定向中心”运动，形成定向的抛掷堆积。在平整坡面无法利用凹面条件下可采用等量对称药包（2到4个）同时起爆，可使爆破的岩体沿两药包最小抵抗线方向抛出，而两对称药包中间的岩体不会产生侧向飞散形成条状堆积体。在有凸出或不整齐的坡面应设置辅助药包修整坡面并形成凹面（或平面），然后按利用凹面或采用等量对称药包爆破造成定向抛掷，此时辅助药包的埋深不宜超过最小抵抗线的1.5倍，以免辅助药包开创的自由面上堆积过多岩石而影响主爆药包的抛掷距离和抛掷率。在山坡上有冲沟时，可在冲沟两侧布置等量对称药包，利用冲沟起定向作用。上述设计原则和布药方法在中国的工程实践上都得到过应用和获得良好定向抛掷效果。

布药形式可采用集中药包、条形药包和平面药包，在保护边坡稳定和提高抛掷率，降低炸药耗量上，条形或平面药包较集中药包有着优越之处并有着成功实例，在地形条件适合条件下是首选的设计和布药方法。

爆破堆积范围和形态的计算是定向抛掷爆破设计的重要内容。中国在工程实践中采用体积平衡法、弹道法（包括单元弹道法与整体弹道法）和经验估算法等计算方法。体积平衡法的原理是：堆积体的体积来源于爆破抛掷的有效方量，二者的体积应相等，据此从抛掷爆破漏斗的体积计算出堆积体的体积、堆积高度及范围。弹道法的基本原理是：爆破后可被抛出漏斗之外的抛体的质心基本沿弹道轨道运行，抛掷距离主要与抛速、抛角等因素有关，从药包的布置、爆破参数、装药结构和起爆顺序等获得抛速和抛角以确定堆积体的范围、高度和体积。

中国自1959年首次在东川口采用定向抛掷筑坝开始，相继有南水电站，石砭峪定向抛掷筑坝及峨口铁矿等处采用定向抛掷爆破建筑尾矿坝，贮灰坝，围堰工程和透水路基坝。

（王树仁　刘清泉　张金全）

dongjiebi

冻结壁 （freezing wall） 又称冻结帷幕曾称冻土墙。用人工制冷技术在预定的井巷围岩中所形成的有一定厚度和强度的冻土帷幕。它是冻结法凿井时维护围岩稳定和隔绝地下水通道的主要临时构筑物，它本身一般是不均质的，其物理力学性能、状态和厚度还随温度和时间而变化。它形成在凿井工程施工之前，在施工过程中自身还需依靠不断地供冷以维持或强化它所形成的状态，施工后解冻融化为常温地层。

按其作用不同分为二类：一类是单纯的隔水构筑物，为地下工程提供一个无水作业环境，主要应用在富水岩层的立井冻结中；另一类是承载构筑物，不仅隔水且有足够抵抗土压、水压的强度和刚度，应用于冲积层和泥质胶结、半胶结的地层中立井、斜井的冻结。

冻结壁横断面的内轮廓一般按开挖体外轮廓的形状设计，立井冻结时为封闭式的圆筒形，斜井冻结时可设计为马蹄形，其敞开部分则由贫水的稳定岩层与冻土墙紧密联结而实现封闭要求。冻结壁厚度的确定：对含水砂层一般以0℃等温线为界；钙质粘土类一般为−2℃～−4℃等温线为界。井巷施工要求的冻结壁厚度是指满足强度和变形要求的厚度，称之为有效厚度，其值小于或等于冻土的扩展范围。

冻结壁厚度设计的主要依据是外压（地压）、冻土力学特性、支护外形尺寸、暴露段的高度和时间等。由于冻土特性取决于温度状况，从理论上讲是热学和力学的耦合计算问题，计算比较复杂，故实际应用时仍取分别计算，相互校验的方法。

热学计算主要是确定冻结壁的平均温度，并由此确定冻土力学参数及温度分布特性，从而可确定出位于冻结器联线轴面两侧的冻土扩展厚度比例。

力学计算分为按强度条件和变形条件两种情况。前者是在已知外载和规定作用时间下，确定满足承载能力不发生冻土连续性破坏的厚度；后者是满足变形不超过允许值，保证冻结管不断裂、掘砌工作正常进行的厚度。通常，浅井按强度条件设计，对深井特别是对深部粘土层则选用与地层情况相适应的强度理论计算公式和考虑产生蠕变的变形计算公式。对形状复杂和受力复杂的冻土墙应按线弹性体材料力学方法计算，局部应力集中和位移问题分析则应用非线性有限元法作数值计算。

立井圆筒形冻结壁是按轴对称力学问题设计计算，计算公式分为有限高圆筒和无限长圆筒二类。每一

类根据冻土所处力学状态不同分为弹性、弹塑性、塑性、极限状态和粘性状态，每一状态又可按强度条件、变形条件和有无支护反力条件得到计算式。中国在设计中一般不考虑支护反力，设计分基本计算和校验计算两部分。基本计算是对立井所穿过地层中最深一层砂土层的冻结壁厚度的计算。通常，当砂层埋藏较浅时（$H\leqslant 150$m），用无限长圆筒弹性公式计算厚度：

$$\delta_1=a\left(\sqrt{\frac{[\sigma_s]}{[\sigma_B]-2P}}-1\right) \tag{1}$$

或

$$\delta_2=a\left(\sqrt{\frac{[\sigma_s]}{[\sigma_B]-\sqrt{3}P}}-1\right) \tag{2}$$

式中 $[\delta_B]$ 为允许的冻土计算抗压强度，$[\delta_s]=\frac{\delta_0}{k}$；$\delta_0$ 为冻土瞬时抗压强度；k 为安全系数；a 为井筒荒半径；P 为最深一层砂土中的地压，通常 $P=0.013H$（MPa）；H 为深度，m。

对埋深较大的砂层，用无限长弹塑性公式计算厚度：

$$\delta_3=a\left[0.2P\left(\frac{P}{\sigma_s}\right)-2.3\left(\frac{P}{\sigma_s}\right)^2\right]K \tag{3}$$

或

$$\delta_4=a\left[0.56\left(\frac{P}{\sigma_s}\right)-1.33\left(\frac{P}{\sigma_s}\right)^2\right]K \tag{4}$$

式中 σ_s 为与荷载作用时间相对应的冻土长时强度，MPa。

校验计算是在基本计算基础上对有代表性的土层，如最深一层粘土层、蠕变大的土层或其它粘土层的冻结壁厚度或允许的暴露段高或最大位移量进行的计算。按强度计算的公式有：

当冻结壁一端固定时：

$$\delta_5=\sqrt{3}\frac{ph}{\sigma_3} \tag{5}$$

当冻结壁二端固定时：

$$\delta_6=\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{ph}{\sigma_3} \tag{6}$$

式中 h 为段高，m。

按变形条件计算公式为：

$$\delta_7=a\left\{\left[1+K\frac{B-1}{\bar{A}B\left(\frac{u_s}{a}\right)^{1/B}}\left(\frac{h}{a}\right)^{\frac{B+1}{B}}\right]^{\frac{B}{B-1}}-1\right\} \tag{7}$$

式中 $\bar{A}$、B 为复杂应力下蠕变参数；K 为与冻结壁固定条件有关的系数；u_s 为允许的冻结壁位移。

冻结壁形成 用人工制冷方法使冻结器周围的介质（土层或裂隙水等）不断降温、冻结范围不断扩大并形成冻结构筑物的过程。其形成的判别标准为冻结构筑物已隔断井（巷）内外的水力联系且已达到规定的厚度和温度。

影响冻结壁形成期（从开始冻结至达到冻结壁的设计要求的时间）的主要因素是地层条件制冷及冷冻工艺。

地层条件因素包括岩土性状、含水量、含盐量、地温和地下水流动速度等。对于冲积地层，细颗粒含量越多、含水量和含盐量越高、原始地温越高，冻结壁越难形成。含水量过小的土层降温很快，形成的冻土强度往往过低，不利承载。地下水流速过大是冻结壁长期不能形成的重要原因，地下水流速除地层自然条件外，还与抽取地下水和不同水压头的地层被垂直钻孔（主要是水文孔）串通后形成垂直流动等人为因素有关。

制冷及冷冻工艺因素有制冷能力、冻结孔间距、冻结器尺寸、冷媒（盐水）的流量及流速、冻结器工作状态等。经验表明，冲积层地下水流速不高、最大孔间距≤2.5m、开孔距为1.1～1.4m、盐水温度低于－25～－30℃且流速大于0.15～0.5m/s、采用φ127mm以上冻结管时，冻结壁可正常（且经济地）形成。当冻结管断裂、有盐水泄漏现象或供液管短路循环等冻结器非正常工作状态时，常导致冻结壁长期不能闭合。

冻结壁形成时间可用热平衡法和经验类比法作预测。

冻结壁位移 地下工程施工中，冻结壁向开挖空间的变形。它是工程开挖过程中地层和冻结壁形成过程中原有应力状态重分布出现冻结壁蠕变的结果，冻结壁的总位移量由冻结壁暴露后的位移和未暴露前的超前位移构成，前者可用收敛计或其它仪器在工程施工中量测出，后者表现为工作面凸起（底鼓）。

冻结壁位移随时间的变化速率有三种不同趋势，即衰减型，位移速率随时间而衰减；稳定型，位移随时间呈线性增加，它会导致冻结壁失稳；增速型，位移随时间加速增长，说明冻结壁已呈失稳态势。对后两种状态必须尽快支护。

影响冻结壁位移的因素有地压大小、冻土蠕变特性、冻结壁厚度和温度、开挖空间尺寸、掘进段高和暴露时间、支护特性等。粘性土中冻结壁位移大于砂性土。对于深井，由于地压大，冻结壁强度、刚度相对较弱等原因，将产生很大位移，甚至导致冻结管断裂。

冻结壁解冻 冻结器停止供冷后冻结壁逐渐升温直至全部解冻的过程。解冻可采用强制式和自然式。前者通过向冻结器内通入循环热盐水，使冻土沿冻结器向四周扩展，该法有利于回收冻结管时的拔管工作。中国冻结工程多不回收冻结管，故采用自然解冻方法，它是通过冻结壁同正温地层和非冻结掘砌时正温环境长时间热交换实现冻结壁自然解冻。

（苏立凡）

dongjiebi wenduchang

冻结壁温度场 (temperature field of freezing wall) 冻结法凿井时冻结器布置圈附近(冻结壁及其邻近区域)地层温度的变化状况。冻结壁温度场属于相变不稳定温度场,场内温度分布是不均匀的,各点的温度还随空间和时间而变化。

研究冻结壁温度场的目的在于了解冻结壁形成规律和解冻规律。掌握冻结壁的形成规律,即可确定冻结壁交圈时间、冻结壁厚度及其平均温度等参数,从而为合理制定冻结设计和井筒掘砌措施等提供依据;掌握冻结壁的解冻规律则可为合理确定停止冻结的时间及其后有关凿井作业安排等提供依据。

20世纪50年代,苏联Н. Г. 特鲁巴克(Н. Г. Трупак)等人根据单个冻结器的传热条件对冻结壁温

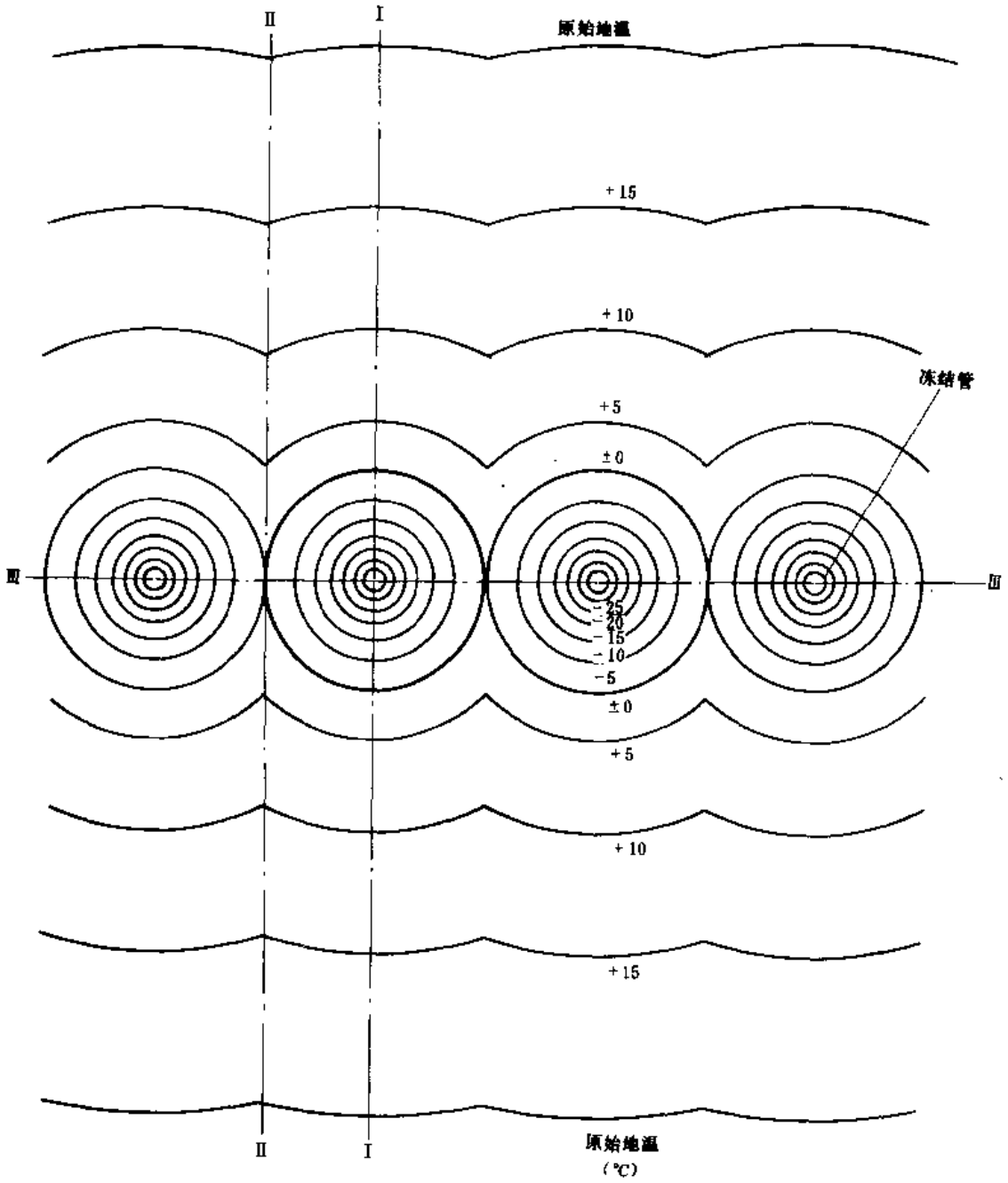


图1 冻结壁(平面)交圈前的等温线示意图

Ⅰ—Ⅰ平面是通过冻结管轴心与井筒中心的垂直剖面,通常称为主面;Ⅱ—Ⅱ平面是通过两冻结管轴心距离的中点与井筒中心的垂直剖面,通常称为界面;Ⅲ—Ⅲ平面是通过各冻结管轴心的垂直剖面,通常称为轴面

度场开始进行了分析研究工作；60年代，苏联、波兰等国采用水力相似模拟试验方法进行温度场研究；70年代初期，苏联И·Д·纳索诺夫和М·Н·苏鲁利克等人又采用物理模拟试验进行温度场的研究。通过这些研究，虽然提出了一些认识甚至提出了某些有关的计算公式，但由于受到客观条件和研究方法本身的限制，均未能达到实用的阶段，直至20世纪70年代中后期才以工程实测和有限元分析法取代上述数值模拟的研究方法，用有限元法得出的公式用于工程计算时，需用工程实测进行检验与修正。20世纪80年代中后期，中国采用工程实测与有限元分析相结合的方法对温度场进行研究，基本上掌握了400m深厚冲积层的冻结壁形成规律和自然解冻规律。

冻结壁的形成过程概括为冻结圆柱形成、冻结壁交圈、冻结壁增长三个阶段。冻结前，同一深度的地层具有相同的原始温度，冻结器内循环的低温盐水引起周围地层温度变化，并环绕冻结器形成冻结圆柱（见图1）冻结边界随冻结时间的延续向外扩展，等温线位置不断外移，并在冻结影响范围形成降温区。与冻结圆柱的接触面具有最低正温度，离开冻结圆柱呈升温趋势

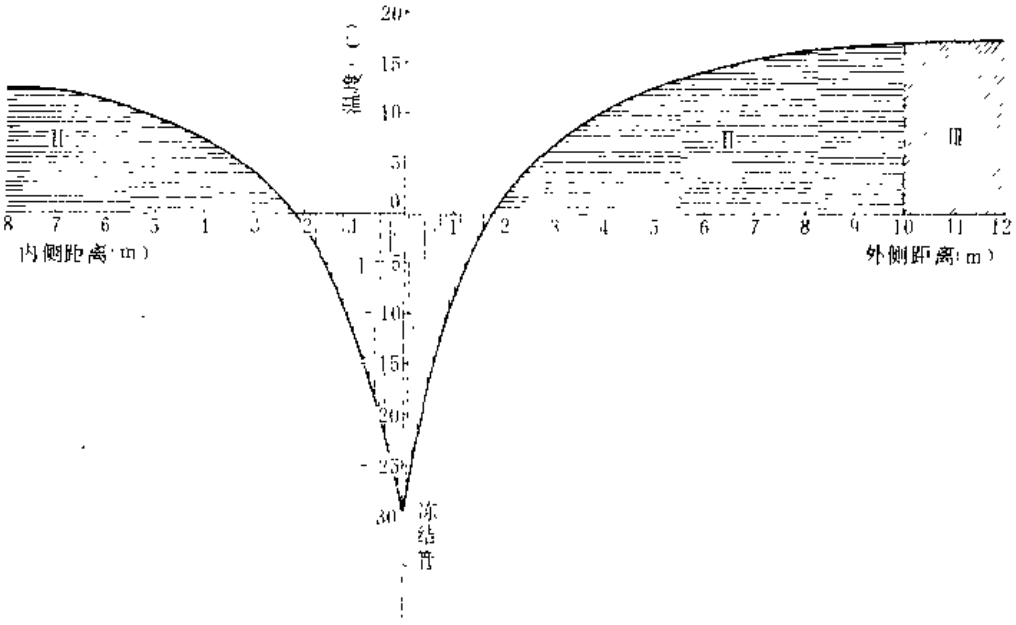


图2 冻结器周围平面温度分布示意

Ⅰ—冻结区；Ⅱ—降温区；Ⅲ—正常温度区

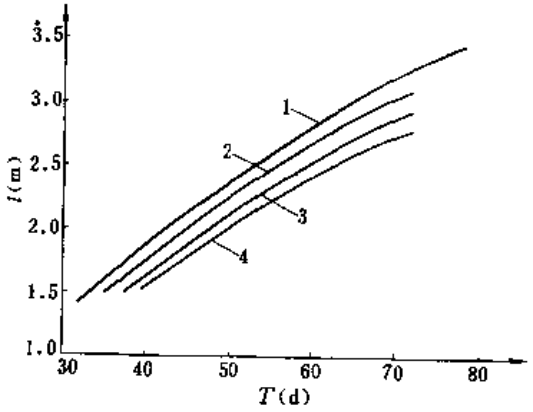


图3 冻结壁交圈时间（T）与冻结孔间距（l）的关系

1—粗砂、砂砾；2—中砂、细砂；3—砂质粘土；4—粘土、钙质粘土

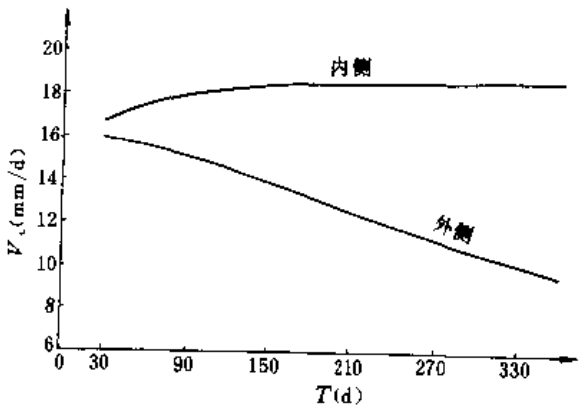


图4 界面冻结壁内、外侧平均扩展速度（V_e）与冻结时间（T）的关系

直至原始地温。降温区以外未受冻结影响的区域称正常温度区，见图 2。

冻结壁交圈(各相邻冻结孔的冻结圆柱逐步扩大、相互完整联接的过程。)时间与冻结管直径、盐水负温度值成反比，与原始地温、冻结管间距成正比。当冻结管直径为159mm、原始地温为20℃、盐水温度为−30℃并呈层流状态时冻结壁交圈的时间见图 3。盐水温度或原始地温每升高 1℃约延长交圈时间 1～2 天，冻结器内盐水为紊流状态比层流状态的冻结壁交圈时间约缩短 1/5～1/10。

冻结壁的扩展速度与土层颗料直径、冻结管直径、盐水负温值成正比，与冻结管间距、原始地温成反比。冻结壁交圈前，以冻结器为轴心的冻结圆柱内、外侧扩展速度基本相同。冻结壁交圈后，随着冻结的延续，内侧扩展速度基本保持不变或略有增长，而外侧扩展速度逐渐减慢，见图 4。

冻结壁的厚度增长值与冻结时间成正比。随着冻结管间距的增大而减小，随着土壤颗粒直径的增大而增大。冻结壁交圈初期，主面冻结壁比界面冻结壁的厚度大得多，随着冻结的延续，界面冻结壁以较快的速度增大，并逐渐接近主面冻结壁厚度。当界面冻结壁厚度达到 4～5m 时，主面与界面冻结壁的厚度基本相同，见图 5。

冻结壁的内、外侧厚度比值随着冻结的延续而变化。冻结壁交圈前，主面上的内、外侧冻土扩展半径基本相同。交圈后，冻结壁的内侧比外侧厚度增长快，内侧厚度占冻结壁总厚度的比值随着冻结的延续而增大，当冻结壁扩至井帮后，扩至荒径以内的冻土将被挖掉，内侧冻结壁的有效厚度成为定值，而外侧厚度占冻结壁有效厚度或设计厚度的比值随着冻结时间的延续面增大，见图 6。

主面冻结壁的平均温度比界面冻结壁的平均温度

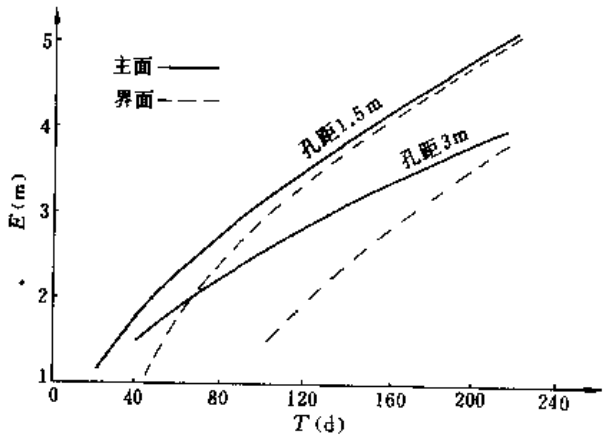


图 5 冻结壁厚度(E)与冻结时间(T)的关系

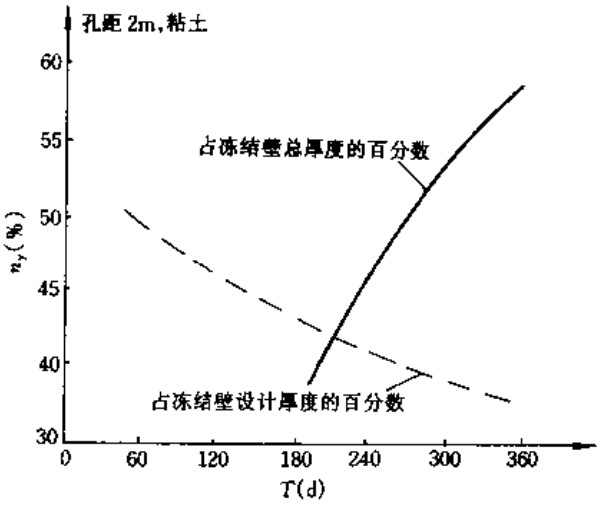


图 6 界面冻结壁外侧厚度占总厚度及设计厚度的百分数(n_y)与冻结时间(T)的关系

低，其差值随着界面冻结壁厚度的增大而减小。工程设计一般以界面平均温度进行考核，计算式为：

$$t_c = t_{ac} + 0.25t_m$$

$$= t_b\left(1.135 - 0.352\sqrt{l} - 0.875\frac{1}{\sqrt[3]{E}} - 0.266\sqrt{\frac{l}{E}}\right) - 0.466 + 0.25t_m$$

$$t_{cs} = t_c + t_s$$

式中 t_c 为单圈孔冻结时冻结壁有效厚度的平均温度，℃；t_{ac} 为按冻结壁零度边界计算的平均温度，℃；t_{cs} 为双圈孔冻结时冻结壁有效厚度的平均温度，℃；t_m 为井帮冻土温度，℃；t_b 为冻结盐水温度，℃；l 为冻结孔（或双圈孔的主冻结孔）间距，m；E 为冻结壁厚度，m；t_s 为双圈孔冻结的平均温度附加值，t_s = 1.5℃/m。

冻结壁外侧降温区的范围随着冻结的延续或冻结壁厚度的增大而加大，其宽度约为冻结壁外侧厚度的 4～5 倍。

冻结壁有人工解冻和自然解冻两种。前者是通过冻结器内热盐水循环使冻土融化，后者是利用井筒正常通风条件和正温地层长时间热交换实现解冻。自然解冻的特点是：停止冻结后约 3 个月，冻结壁平均温度急骤上升，趋近−3℃而基本不解冻，见图 7；平均温度高于−3℃时边界开始解冻，平均温度上升至−1℃后边界解冻速度加快；冻结壁(平面)的解冻时间与厚度成正比；基岩较冲积层解冻快；粗颗粒土比细颗粒土解冻快；地下水流动将缩短解冻过程；井筒内正常通风

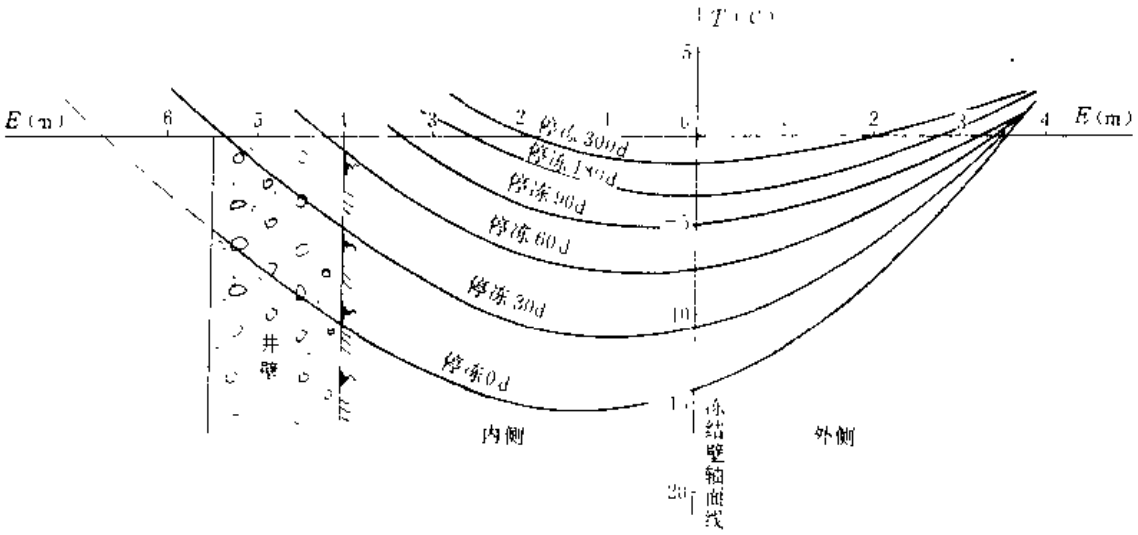


图 7　井筒通风条件下的冻结壁（界面）自然解冻特征

时，内侧冻结壁的解冻速度比外侧快 2.5～3.5mm/d；冻结壁沿纵向两头快中间慢，最先解冻的部位是冻结带与非冻结带的交界面，并自下而上逐渐扩大解冻范围，每天约向上解冻 1.0～1.5m，而上部受大气和雨水影响的解冻深度往往局限在地层恒温线以上。

（陈文豹　黄　磊）

dongjieduan juejin

冻结段掘进　(freezing section heading)　冻结壁形成后进行井筒开挖及临时支护(外层井壁)的作业。冻结段掘进分为试挖和正式掘进两个阶段。试挖即先从井口掘至地下水位以下，观察冻结壁交圈无渗水后，再继续向下掘至吊挂三盘所需之深度，在此期间要实测冻土距掘进荒径的距离及井帮温度等，以验证水文孔、测温孔所提供的资料是否确切。正式掘进是指吊挂三盘后、且冻结壁已扩展至荒径附近时的向下继续掘进过程。

冻结段掘进方式通常因冻土是否进入荒径而异。①冻土未进入荒径时多采用短段分片掘砌的方式，即先在荒径外分片先砌筑一层砖或料石井壁作临时支护，承托上部锁口，待整圈掘砌完毕，再筑井壁，多用于井筒试挖初期；②当冻土距荒径大于 0.3m 的砂、砂砾和淤泥层时，可采用短段台阶式掘进，先挖超前小井将未冻水集中于小井内排出，疏干井帮，提高稳定性，必要时架设井圈背板临时支护；③冻土已临近或已进入荒径范围以内时，采用全断面一次掘进方式，用人力铲装未冻土或用风镐破岩、抓岩机挖装，段高根据土层性质选择；砌筑外层井壁（作为临时支护，外层井壁与内层井壁共同构成永久支护）；④冻土继续向井心扩展或全部冻实之后，普通挖掘方法劳动强度大效率低时，可采用钻眼爆破掘进，但需编制安全技术措施，并经总工程师批准后执行。

冻结段掘进使用的工具要有防冻措施。压风在地面设过滤干燥装置，使压风入井前通过活性炭、无水氯化钙过滤除湿，或入井前通过冷凝器使压风中的水蒸气凝结成水放出。湿式凿岩用水在地面加热至 80℃左右，然后输送到工作面，经过打眼，水温仍在零度以上，打完的炮眼内灌注盐水（氯化钠水溶液）防冻。

（张崇森）

dongjieduan zhihu

冻结段支护　(freezing section supporting)　井筒（巷道）冻结段掘进后进行的永久支护作业。冻结段永久支护的作用是在井巷服务期间抵抗围岩地压、水压以及矿井采动造成的各种应力，确保其长期安全使用。冻结段永久支护要满足强度、耐久性和密封性的要求。在立井井筒冻结段掘进过程中，为防止暴露出的冻结壁出现位移变形或破坏，维护井帮的稳定性和施工安全，一般应分段砌筑一层起临时维护作用的井壁，它最终可以作为永久支护（当为单层井壁时）或成为永久支护的一部分，在后一种情况下它通常被称之为外层井壁或外壁。

井壁　指在井筒围岩表面构筑的具有一定厚度和强度的整体构筑物。冻结段井壁与冻结壁直接接触，处于低温及受冻结壁冻胀和变形的影响，支护材料应具有耐低温和初期强度高的特性。立井冻结段井壁为圆形，斜井有圆形、封闭或不封闭的马蹄形等形状。支护材料有混凝土、钢筋混凝土、混凝土预制块、料石、钢

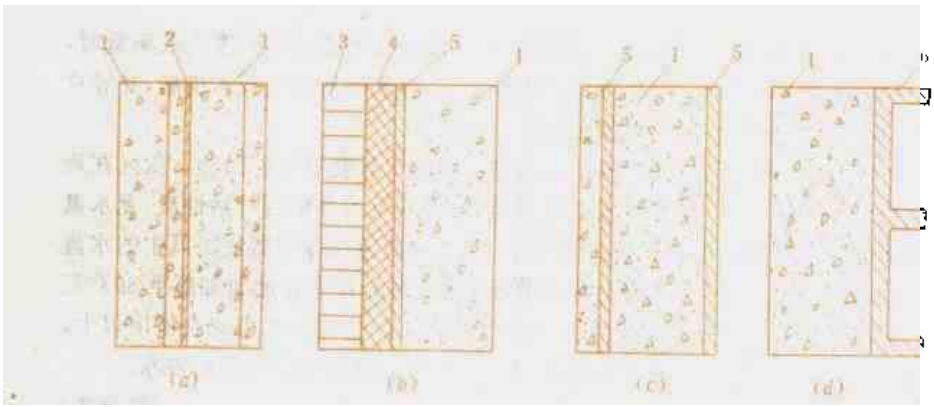
板等，各种材料可单独或组合使用。

井壁结构：立井有单层井壁、双层井壁和复合井壁以及钢板沥青井壁，斜井一般为单层或双层井壁。井壁结构和材料应依据井筒直径、冻结深度、冲积层厚度、土层含水量以及有无膨胀性等综合分析确定。

单层井壁 井壁为一层混凝土或钢筋混凝土结构，紧靠冻结壁，一般厚 500mm，随井筒短段掘进自上而下分段浇筑而成。其厚度和强度除承受永久地压作用外，还要满足井筒掘砌时冻结壁塑性变形和冻结压力要求。

浇筑井壁时，应提高混凝土拌合物的温度和掺入水泥早强剂，促进混凝土早期强度的增长，防止井壁受损。井壁接碴应采用台阶式或双斜面式，刃角斜面预埋止水带增强密实性和封水效果。

单层井壁适用于埋深较浅的不稳定的含水冲积层和净直径较小的井筒工程，它整体受力性能好，施工工艺简单、速度快、可一次成井，但分段施工接碴多、易产生裂缝、封水性差。



几种复合井壁结构形式

a—塑料板夹层双层钢筋混凝土复合井壁；*b*—沥青滑动层钢板混凝土复合井壁；*c*—双层钢板混凝土复合井壁；*d*—铸铁丘宾筒混凝土复合井壁

1—钢筋混凝土或混凝土层；2—塑料板层；3—混凝土预制块层；4—沥青滑动层；5—钢板层；6—铸铁丘宾筒层

双层井壁 由外层井壁和内层井壁组合而成，常为钢筋混凝土结构，内层井壁与外层井壁分两次浇筑。外层井壁随井筒短段掘进自上而下分段浇筑，内层井壁待外层井壁砌至冻结深度后，自下而上一次连续浇筑。

双层井壁有两种设计假定，一是假定外、内层井壁是共同受力的，另一种假定则是外、内层井壁分别受力的。

外、内层井壁共同受力的假定是视外、内层井壁结合为紧密的整体。计算方法先以永久地压（土压和水压）为外力确定井壁的全厚，然后以临时压力（冻结压力）为外力计算外层井壁的厚度，或按经验确定外壁厚并进行强度验算，内层井壁的厚度为井壁全厚度与外层井壁厚度之差。考虑施工操作与养护条件，内层井壁的厚度不宜小于 300mm。

外、内层井壁分别受力是视外、内层井壁之间尚有缝隙不成整体，地下水可能进入两层接触面的间隙中，使内层井壁直接承受水压。因此，内层井壁的厚度应按静水压力计算，外层井壁在外、内侧的水压作用下处于平衡，仅承受悬浮的土压作用，故外层井壁的厚度按土压计算，以冻结压力来验算。

双层井壁的内层井壁可自下而上用滑模连续浇筑，机械化程度高，施工条件好，封水性能好。双层井壁适用于冲积层埋深 100～300m 的冻结井筒，它是中国冻结法凿井应用最广泛的井壁结构。

复合井壁 用不同材料和结构组成的多层井壁。具有强度高、可靠性好和防水性强等特点，但井壁结构复杂、施工工序多、费用高，一般只用于深厚冲积层、含水软弱岩层或有岩层移动的地层中，在冻结井中应用是基于施工要求和降低井壁温度应力等方面的考虑。

双层钢筋混凝土或双层素混凝土井壁是复合井壁中结构最简单和常用的井壁，中国从 20 世纪 60 年代初开始应用带有塑料夹层的双层井壁结构，它防水性能好、且具有释放内壁温度应变的效果，适用于深度较大的冲积层，故被广泛采用。国外常用的结构有单层或双层钢板筒同混凝土充填层复合的井壁、预制块同钢筋混凝土复合的井壁、铸铁丘宾筒或大型高强钢筋混凝土弧板同混凝土充填层复合的井壁、沥青滑动钢板混凝土井壁等，见上图，这些井壁结构能适应井筒穿过特性各异的复杂地层条件，以满足对井壁的不同要求。

除铸铁丘宾筒混凝土复合井壁之外，其它复合井壁通常分数次逐层构筑而成，随井筒掘进砌筑的井壁称为外层井壁，主要承受冻结压力，保证施工安全。内层井壁常由能协调作用的多层结构组合而成，是井壁的主要承载部分。

复合井壁设计时，根据所受的外载（包括冻结压力、水压、土压）的特点以及各层井壁间协调作用的特性可分别采用单层厚壁圆筒或组合圆筒理论进行计

算。

钢板沥青井壁 其结构如上页图（b）所示，内层与外层井壁之间夹有钢板层和沥青层。钢板整体性好。封水性能强，井壁不漏水。沥青层柔性好，在外力作用时，有缓冲和均压作用，故该种井壁又称为柔性井壁。国外在设计这种井壁时，使之能够承受井筒发生曲率半径大于3000m的弯曲时所产生的应力，德国、美国在深井冻结中用的最多，中国在淮南孔集西风井中已经应用。

外层井壁常用混凝土预制块和刨花板（可压缩板）构成。内层井壁为钢筋混凝土结构，分段构筑，每段段高3～3.6m，段与段间的钢筋不相连接，段间混凝土接触表面涂一层油脂，在外力作用时，内层井壁可相互错动，出现纵弯曲应力井壁不会破坏。

钢板层在地面成型，专用设备吊装，井下组装，人工或机械焊结。用超声波检测仪探伤，检查焊接质量，保证密实性，不渗漏。沥青在井口加热，用管道或吊桶将温度120～130℃的沥青注入外层井壁与钢板间的空间内。

井壁施工需设专用吊装和加热装置，施工工序多、工期长，适用于受回采动压影响的井筒或地压大、地层沉降不均匀条件下的井筒支护。

（王长生　汤志斌　苏立凡　张　文）

dongjiefa zaojing

冻结法凿井 （freeze sinking method） 用人工制冷技术暂时冻结加固井筒的不稳定围岩并隔绝井内外的水力联系后再进行凿井的施工方法。即在立井（或斜井）井筒开凿之前，由地面向其将穿过的不稳定围岩（如流砂层、富水冲积层及其它含水层等）中预先钻一定数量的冻结孔，孔内安装冻结器，用以输送冷冻剂（低温盐水，液氮等），吸收周围岩层的热量使之降温并形成以冻结器为轴心的冻结柱。随着冻结器内低温冷冻剂的不断循环，各独立的冻结柱逐渐扩大连接成不透水、能抵抗围岩压力和水压的筒形冻结壁，再在其保护下进行井筒的掘砌作业，见下页图。在井筒掘砌过程中继续向冻结器输送低温冷冻剂，以维护冻结壁的厚度和强度。当掘砌至设计冻结深度，并且内层井壁已浇筑到一段高度后，便可停止冻结，转入冻结壁的解冻期，直至恢复到原始地温。

1883年，德国人珀志（F. H. poetsch）在掘进一个用木井框支护的阿西巴德9号井至井深34m时，由于涌水阻碍施工，他应用人工制冷技术对其下部厚度约为5m的流砂层及其围岩进行了冻结，然后凿井获得成功，这一方法为欧美各国的工程师们所承认，并于同年12月获得了冻结法凿井的专利权。1884年至1893年珀志先后成功地开凿了10个冻结井。

1904年以后，由吉比赫特指导成功地开凿了法兰西海峡沿岸的8个冻结井筒，到1905年在法兰西已开凿40个冻结井。

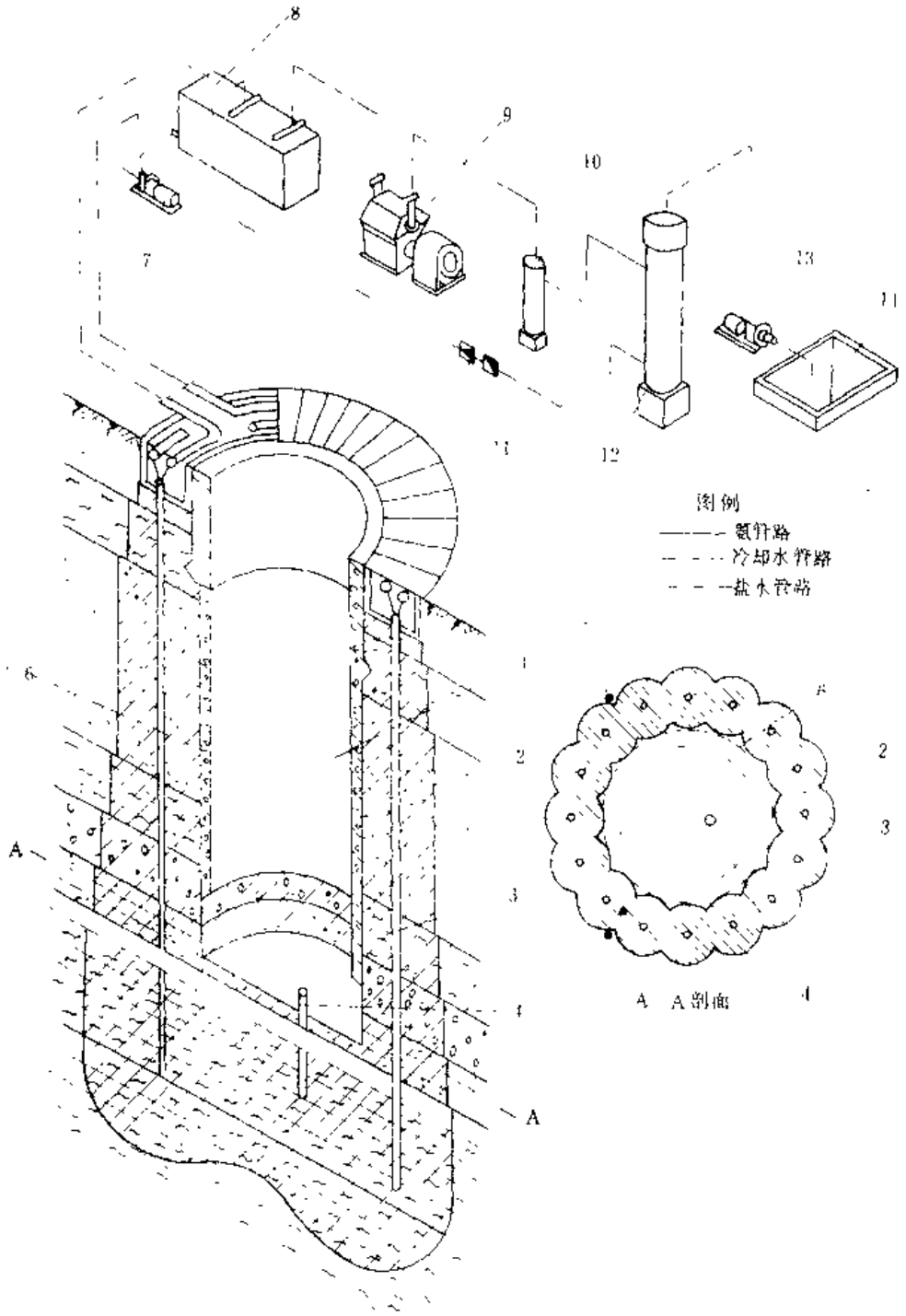
1905年至1937年，欧洲各建井公司相继推广冻结法凿井，共施工了几百个冻结井，最大冻结深度达638m（比利时候泰灵2号井）。迄今已施工了一千多个冻结井，最大冻结深度达930m，冻结孔施工、制冷冻结、井筒掘砌等技术水平有很大提高，装备亦有较大改进，检测控制手段和基础理论研究也得到了进一步完善，作为一种特殊凿井手段，它既适用于松软不稳定冲积层和破碎、裂隙含水岩层，也适用于高水压头的富水岩层，已被广泛用于矿山立井、斜井施工，以及地铁、隧道、深基础工程施工，或作为工程抢险及事故处理的应急措施。

中国自1955年在开滦矿区应用冻结法凿井以来，已在河北、安徽、山东、河南、辽宁、黑龙江、江苏、山西、内蒙、宁夏等省（自治区）推广应用，至1993年底共施工348个立井井筒和6个斜井井筒，冻结总长度约达58400m。近20年来，年均冻结井筒10个以上，井筒平均冻结深度超过200m，最大冻结深度435m，穿过冲积层最大厚度374.5m，冻结段掘砌速度最高达183.3m/月。打钻纠偏装备、测斜仪器、冻结管材、制冷机组、凿井装备、冻结壁的温度和位移测量装置、盐水流量和压力的检测仪表基本上实现了国产化，在冻结设计以及施工工艺等方面基本上解决了400m厚冲积层中的建井技术难题，中国冻结凿井的主要地层是第三、四系冲积层和部分含水基岩，随着拟建井筒条件的复杂化，冻结深度将要增大，高地压、高水压、高地温将是冻结法凿井的主要技术难题。

（陈文豹　虞　相）

dongjieguan duanlie

冻结管断裂 （freezing pipe fracture） 井筒冻结和掘砌过程中冻结管破裂，管内的盐水向地层渗漏现象的总称。冻结管是用来输送盐水（冷媒剂）的无缝钢管，它与岩层直接进行热交换并降低岩层温度，使冻结管周围岩层形成足够强度的冻结壁。冻结管在使用期间发生断裂将引起冻土融化甚至造成冻结壁的破坏，轻则延长工期增加造价，重则导致井筒透水淹井，造成重大损失，所以成为深井冻结技术的关键问题之一。20世纪60年代至80年代在苏联、波兰、德国等的深冻结井中均有发生，如苏联扎波罗兹铁矿2号南风井（冻结深度425m）断管达28根，波兰留宾铜矿



立井冻结法凿井示意图

1—井筒；2—冻结壁；3—冻结器；4—水文观测孔；5—测温孔；6—掘砌吊盘；7—盐水泵；8—蒸发器；9—氨压缩机；10—油氨分离器；11—调节阀；12—冷凝器；13—冷却水泵；14—水池

L－1井（冻结深度365m）断管23根；法国辉克瑟井（冻结深度327m）断管14根。中国近三分之一的深冻结井（冲积层厚度≥200m）发生断管，尤以淮南潘谢矿区断管严重，1975～1989年施工的12个深冻结井（冲积层平均厚度263.8m，平均冻结深度329.2m）中有11个井发生断管，共断管145根，平均断管率达28.4%。

据对国内外冻结管断裂资料的统计分析，断管存

在以下特点：断管深度绝大部分发生在井深 200m 以下；约 90%的断管发生在厚度较大的粘土层、泥岩、泥灰岩中及与其它岩层的交界面处；多发生在冻结壁或外层井壁出现较大位移之后；断裂的冻结管多数朝向井心方向偏斜，靠近井帮的冻结管先断裂；断口常呈剪切破坏，断裂后产生水平错位。

断管主要与岩性、埋深、冻结管偏斜、冻结状况、井壁结构、掘砌工艺、冻结管材质和接头形式等因素有关。①粘土层、泥岩、泥灰岩的塑性指数大，薄膜水含量多，起冻温度低，冻土扩展速度慢，冻结强度低。在相同冻结条件下较砂性土层（或岩层）的冻结壁厚度薄，平均温度高，承载能力小，在外力作用下容易产生塑性变形，尤以在深部地压大、冻结壁蠕变特性显著，和井帮位移大，成为导致断管的主要原因；②冻结壁强度除与岩性有关外，尚取决于冻结壁厚度，如冻结孔布置圈径小、冻结管向井心偏斜等均会减薄冻结壁的有效厚度。而冻结孔间距大和盐水温度高又会使冻结壁的平均温度提高、强度降低、位移增大或变形速度加快，导致断管；③冻土属于弹性—粘滞体，在外荷载作用下产生塑性变形引起应力松弛，冻土强度随着荷载作用时间的延长而降低，所以加大掘砌段高和井帮暴露时间过长，均会增大冻结壁位移引起断管；④当砌筑外层井壁后，壁后融土回冻并与冻结壁共同承受荷载阻止位移的发展，若外层井壁早期强底低或整体承载能力小，在较大压力作用下使冻结壁位移得不到控制，导致断管；⑤中国采用的冻结管有日本进口的 J55 和 50Mn，中国产的有 20 号、45 号普通碳素钢和 DZ40 地质套管，前者的冷脆温度为－25±3℃，后者的冷脆温度为－22±3℃，在深井冻结的－30℃盐水温度条件下容易产生脆化，导致断管。

20 世纪 80 年代中期以后，中国采取了综合防治断管措施，断管率显著下降，其要点是：①根据地层埋藏特点优化冻结方案、合理确定冻土计算强度以及限制钻孔内侧径向允许偏斜值等设计参数，确定冻结壁厚度和冻结孔布置圈直径；②选用早强、高强混凝土砌筑外壁，在深厚粘土层中壁后增设厚 25～50mm 的泡沫塑料可缩层，延缓冻结压力作用于外层井壁的时间；③确保冻结孔成孔间距.内侧径向偏斜小于设计值，采用脆化温度低于－35℃及冲击韧性≥60J/cm² 的低碳钢冻结管，确保冻结管接头不渗不漏；④冷冻站要按期或提前把盐水温度降至设计指标，确保冻结壁的有效厚度和强度；⑤实行短段掘砌正规循环作业，严格控制段高，缩短井帮暴露时间，限制冻结壁的径向（半径）位移超过 50mm。

（陈文豹）

dongjiekong

冻结孔 （freezing hole） 安装冻结器的钻孔。有水平孔、垂直孔、倾斜孔和定向钻孔之分，中国在冻结法施工中，以垂直钻孔为主，国外已应用水平、倾斜和定向钻孔。对冻结孔有以下要求：①孔径应比冻结器外接箍直径大 30～40mm，便于靠冻结器自重垂直下入孔内；②孔底常有未排净的岩粉，钻孔应比设计冻结深度深 0.5～1.0m，使冻结器满足冻结设计深度要求；③钻孔偏斜率要求严格，孔深 100～400m 时，偏斜率应小于 5‰。

冻结孔钻进 立井冻结时，钻孔数量多且集中，一般用 2～4 台钻机集中在直径 22～25m 的钻进场地上同时作业。钻进工作顺序是钻进场地修建、钻进设备安装、钻孔钻进，钻孔过程中和终孔后要按规定进行测斜和纠偏。用于冻结的辅助钻孔还有温度观测孔、水文观测孔和水源井。

钻进场地修建 为避免在钻进过程中地表孔口坍塌、钻机下沉，应修筑厚度不小于 600mm 的灰土盘，其石灰与粘土比为 3∶7（体积比），盘面应高出原地平 250～350mm，经夯实找平后，其上呈辐射状均匀铺设枕木，固定道轨 3～4 圈。滑动底盘安于轨面上，钻机、钻塔和动力设备固定在底盘上。亦可用混凝土铺设一层厚 150～200mm 的环形基础，直接安装滑动底盘。更换孔位时，用钻机自身动力移动底盘至新孔位。当多台钻机同时工作时，可建立共用泥浆泵站和独立回流泥浆沟槽，修筑泥浆储备池沉淀池等。

钻进设备 20 世纪 50 年代，钻孔用冲击式或冲击回转式钻机，它垂直度高但钻进速度慢，随着冻结深度和冻结孔总长度的增加，60 年代开始应用 500 型和 1000 型立轴回转式钻机；80 年代又研制出 DZT500－1000 型回转式钻机，在深孔钻进中，钻孔偏斜率可控制在 3‰左右，台月效率达 1000m 左右，中国广泛应用的是这种钻机及与其相配套的泥浆泵等设备。

钻孔钻进 根据岩土特性选择钻具是提高钻速和钻孔垂直度的重要技术措施之一。钻具包括：主动钻杆、钻杆、钻铤（或配重管）和钻头。一般，第一个冻结孔用取心钻进，以核实井筒检查孔提供的水文、地质资料。其余为正常钻进，冲积层用三翼刮刀硬质合金镶焊钻头，破碎带和基岩用三牙轮钻头。钻头直径应比冻结器外径大 40～50mm。配重管用岩心管注入钻粒加重或用直径 70～105mm 钻铤。钻进工序包括开孔钻进、正常钻进、侧斜（纠偏）、下冻结管、静压试漏、补孔钻进等。①开孔钻进：钻孔前调整钻机水平度，对准孔位，用短加重管轻压慢速开孔，随深度增加加长配重管。孔口容易坍塌地区应下孔口管保护，当开孔钻进深

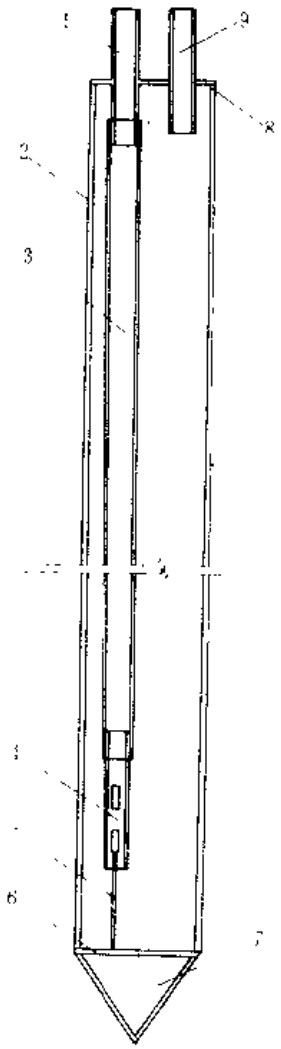
度达到8～10m时，停止钻进，测斜找正。②正常钻进：开孔段经测斜确认垂直后方可向下钻进。根据钻孔穿过的岩土性质，调整钻压，转速，控制进尺。随钻进深度增加钻铤（或配重管）的长度，使钻杆受力中和点移至钻铤上，以上全部钻杆受拉，用中和点以下加重管（钻铤）实现孔底加压，给进压力要均匀，使钻头工作稳定，也有利于提高钻孔的垂直度。要经常检查和调整泥浆参数，以利护壁和排除孔内岩粉、提高钻速、防止塌孔埋钻。③钻进过程中测斜：为防止钻孔偏斜，要求每钻进10m测斜一次，直至终深。发现偏斜超标要及时处理，相临冻结孔在冲积层底板处的间距不允许超过3m，基岩处孔底间距不超过5m。处理钻孔偏斜的主要方法是采取扫孔、扩孔修直等措施，纠偏无效时，可移动孔位重新开孔。④下冻结管：下管前，核实钻孔深度，复核配管（冻结管，温度观测管，水位观测管）尺寸、检查质量并做记录。丝扣管应涂铅油拧紧，焊接管应同心焊牢。内套管对焊时，管口应有45°坡口，上管与下管间留有1～1.5mm间隙，外接箍和内套管的长度均不应小于200mm。焊接可用高强焊条，冷却后入孔。⑤静压试漏：向安装好的冻结管内注入清水，管口处注入少量机油密封，防止水分蒸发，每昼夜测量一次水位，经3～4日油面下降不超过1mm为合格。⑥补孔钻进：下管后试压不合格，处理无效，应重新选位补钻新孔，其钻进工序如前。

冻结器 安放在冻结孔内，用以实现冷媒剂循环和与地层进行热交换的装置。它由冻结管、供液管、回液管等组成（右图），并按设计方式装接成盐水循环回路。

低温盐水在循环中，通过冻结管管壁向地层传递冷量，所以它应无渗漏。因其在井筒掘砌时要承受冻结壁传递给它的应力，故其材质应是在低温环境下具有良好的强度和韧性，中国一般选用低碳钢无缝钢管或中碳钢无缝钢管，冻结深度≤200m时，管径为108～127mm壁厚4～5mm，大于200m时为127～140mm壁厚5～7mm，钢管应除锈，无损伤和弯曲变形。

20世纪60年代以前使用直径38～51mm壁厚3～4mm的无缝钢管作供液管，随冻结深度增大改用硬质耐低温塑料管，减小供液管与冻结器环形空间内回流盐水热交换的冷量损耗，使低温盐水直送孔底。又用与冻结器长度相适应的单根耐低温软塑料管，可一次下至冻结管底部，规格有直径62mm壁厚5mm和直径72mm壁厚6mm两种，在－30℃盐水循环下使用不断裂。

冻结管接头连结方法有丝扣连接、电焊连接和混合连接结构，无论采取那种连接结构，其接箍长度均应≤150mm，且对接头要进行密封性检测，即向冻结管内注入清水，封闭管口，用水压机加压，冻结深度100～200m时压力为3～4MPa，冻结深度200～400m时压力为4～6MPa，加压15min后压力降不超过0.05MPa，再延续15min压力保持不变为合格。



冻结器构造

1—金属供液短管；2—冻结管；3—塑料供液管；4—金属配重管；5—U型支架；6—金属隔板；7—底锥；8—盖板；9—金属回液管

冻结管发生渗漏时，可采用锈蚀法、硅胶堵漏法和水泥浆循环堵漏法处理。处理无效时，应拔出冻结管试漏处理后再下管重新试漏。

冻结孔测斜 检查冻结孔在不同深度上的偏斜率，偏斜方位的技术措施，分为钻进测斜和成孔测斜。钻进测斜是为提高钻孔垂直度和采取相应纠偏方法提

供依据；成孔测斜数据用于绘制冻结孔偏斜总平面图和分层平面图，以确定测温孔和需要补孔的位置，预测冻结壁形成状况及制订保护冻结器安全的掘进方案。冻结孔测斜有经纬仪灯光测斜、磁性单点照像测斜仪测斜和陀螺测斜等方法。

经纬仪灯光测斜法 测斜前，将底部封闭的、直径89～108mm的测斜管下至测斜深度，将贴有坐标纸盖板的管帽对准管口（测斜管、冻结管）中心并水平固定在管口上，坐标纸X轴方向对正井筒中心，经纬仪和三角架立在管口上方1.2～1.5m处。测斜时，将经纬仪物镜（对点器）对准测斜管中心井投影在坐标纸上再将测灯（36V、100～200W）下入到测斜深度，移动物镜对准光源并投影在坐标纸上。如有偏斜，按对应边的比例关系计算出测斜深度处冻结孔的偏斜值，经坐标纸原点"O"和测斜深度投影点的联线与坐标纸X轴方向的夹角即为测斜深度处冻结孔的偏斜方位。该法操作方便，仪器、工具简单。但受目光可见度限制，一般只用于冻结孔深度100m左右、冻结孔无弯曲和偏斜值小于测斜管直径的条件。

磁性单点照像测斜仪测斜法 磁性单点照像测斜仪由美国斯佩里—森勘探公司研制，用磁罗盘测定冻结孔偏斜方位，钻锤摆反映钻孔的倾角，照像机构记录测量结果。照像圆盘每次只拍照一张照片，记录一个测量水平的数据。仪器安装在长2.7m、外径44.5mm的圆形金属保护罩内，两端用"O"形密封圈封闭，防止泥浆渗入。测斜仪由绳环、保护盖、计时器、电源盒、照像底板盒、灯泡、磁罗盘、扶正器、非磁性钻铤组成。测斜前，依据仪器在孔内下放速度和测斜深度，调整照像机构动作时间的计时器，使之准确的反映出测斜深度处的偏斜方向和偏斜值。这种测斜仪能在直径大于50mm的非磁性钻铤中不提钻杆测斜和泥浆中测斜，使用方便，每次向照像底板盒内装入特制的圆形照像底板，从底板上可直接看出测斜结果，但不能回程复测校核。

陀螺测斜法 采用专用陀螺测斜仪进行冻结孔测斜的方法。测斜前，先进行仪器检查和调试，核对仪器精度合格后，将井下仪缓慢、扶正下入钻孔泥浆、钻杆（或冻结管）内进行测斜。钻进过程中每10m设一个测点，下测后上提时复测校核。两次差值≥3'时，井下仪在测点处应上提和下移100～200mm进行测量，取两者相近值。仪器上提至管口应复测下入钻孔时仪器的原始方位，其误差大于6°时应重测。成孔测斜时每30～40m应设一个测点，直至冻结管底部，上提时重测校核，各测点误差均在允许范围内为合格。该测斜法精度和自动化程度高，测量深度大，在泥浆和钻杆内能单点和连续测量，故获得广泛应用。

陀螺测斜仪 在冻结孔钻进和成孔测斜中广泛使用JDT－Ⅱ型陀螺测斜仪，是中国设计和制造的冻结孔测斜专用仪器。它由井下仪、地面测量仪、变流器、直流稳压器、测井电缆、测井绞车等组成。

井下仪是利用高速陀螺马达"进动"特性维持旋转方向不变的自动定向原理设计的，它不受磁性矿区和钢管的影响。测量钻孔顶角时，由井下仪内X轴测角传感器和摆锤、Y轴测角传感器和摆锤分别测出钻孔顶角分量，两个分量合成后即为钻孔的顶角。合成量与－X轴之间（逆时针）的夹角即是钻孔的方位角。由于钻孔坐标是固定的，由X、Y轴上的摆锤组成的仪器坐标在测斜时是变化的，两个坐标之间有一个角度差，这个角即为仪器的原始方位，所以测斜前应测出仪器原始方位角。钻孔真实方位角应是两者之合。

20世纪80年代初，中国又研制出可在钻杆内测斜用的井下仪，外径60mm的JDT－Ⅱ型陀螺测斜仪，地面测量仪则改为连续测量，自动记录、打印，提高了陀螺仪自动化程度。随后还研制出ⅡA型陀螺仪微电脑数据处理装置，使Ⅱ型陀螺测斜仪扩展为可记录日期、孔号、仪器下放和上提连续测量等11项功能，增设了绘图接口可自动绘制钻孔偏斜图，提高了连续下放和上提的自动测量数据统计和处理的自动化程度。80年代末还研制出井下仪，外径15mm的用于定向孔钻进测斜的Ⅴ型陀螺仪，扩大了陀螺仪的应用范围。

（伍期建　刘式如）

dongjie wendu jiance

冻结温度检测 （freezing temperature monitoring） 制冷剂（氨）、冷却水、冷媒剂（盐水）、冻结壁和井壁温度的检测。检测制冷系统中氨、冷却水、盐水的温度可以了解冷冻站的制冷状况和实际制冷量；检测盐水管路的温度可以掌握管路的输冷量和冷量损失、冻结器的工作状况和传热能力；检测冻结壁的温度可以了解冻结壁的交圈时间、厚度、平均温度等；检测筑壁过程中井壁及壁后围岩的温度可以了解井壁需要的养护条件及冻土融化和回冻情况。掌握上述温度数据，将为合理制定冷冻站的运转制度、冻结和井筒掘砌措施提供重要的依据。

冻结温度检测仪器有液体玻璃式温度计和热电耦、热敏电阻温度计等。液体玻璃式温度计有测点数量和位置受到限制，易损坏，不能远距离控制等缺点，20世纪60年代以后已被热电耦、热敏电阻温度计取代，广泛使用铜—康铜热电耦测温管，80年代后期开始使用半导体温度计，并取得良好效果。

铜—康铜热电耦有单点和多点串联两种，适用于氨、冷却水、盐水、井壁、冻结壁等温度检测。热电耦结构简单，可采用电压表或检流计作为二次仪表，电压表直接检测工作端和自由端的热电势差，检流计检测由工作端和自由端组成的闭合回路中的温差电流。

半导体温度计稳定性好、重复率高，便于远距离传输及自动检测，更适于冻结温度检测。由单点半导体温度计和具有自动采集的多点巡回检测装置组成，将传感器放至欲测位置，前者显示测点的温度值，后者在软件的支持下对全部测点进行自动巡回检测，检测数据自动存盘及分析处理，并根据需要绘制出各种图表。

（徐专红）

dongjie xunhuan xitong

冻结循环系统 （freezing circulation system）

制冷冻结循环系统由氨循环系统、盐水循环系统、冷却水循环系统组成。低温的盐水在井筒周围的冻结器里循环吸取地层热量，将含水的不稳定地层降温到冰点冻结。其方法是在井筒附近布置具有一定制冷能力的冷冻站，站内设有由氨压缩机、冷凝器、调节站、蒸发器、盐水泵及冷却水泵等组成的冻结循环系统。在井筒周围按设计钻出若干个冻结孔并安装冻结器，冻结器与蒸发器之间用管路连通，由泵将蒸发器里的低温盐水（－20～－30℃）输送到冻结器底部向上循环，吸热后返回蒸发器，升温的盐水在蒸发器里被氨吸热降温。低温盐水在冻结器里不断循环，冻结地层，形成冻土圆筒（即冻结壁），起到临时加固、稳定地层的作用，为井筒掘进和永久井壁的建造创造施工条件。

氨循环系统 有单级、双级及单双级压缩制冷系统，根据冻结深度、盐水和冷却水温度条件来选择制冷系统。氨（制冷剂）循环系统制冷过程是：饱和蒸汽氨由蒸发器排管被氨压缩机吸入进行压缩至冷凝压力（0.8～1.2MPa）的过热（80～120℃）蒸汽氨，经管路入油氨分离器排除油脂后进入冷凝器，在冷凝器里经20℃左右的冷却水冷却成液态氨，然后流入氨液贮存器，经调节站节流降压至蒸发压力（0.15MPa），进入蒸发器中汽化吸收周围盐水热量后变成饱和蒸汽，再继续被氨压缩机吸入压缩，如此往复循环。

盐水循环系统 蒸发器里的低温盐水经泵、干管、配液圈（用于向各冻结器的供液管输送冷媒剂的环形干管）、冻结器供液管至冻结器底部。在泵压的作用下，低温盐水在冻结器环形空间上升过程中吸收周围地层热量而温度升高，经冻结器顶部回液管、集液圈（用于汇集各冻结器回液管内冷媒剂的环形干管）、干管回至蒸发器被氨吸热降温至低温，再由泵输出，如此往复循环。也可不设集液圈，在井筒附近设置一个有一定高度的容器，用干管与蒸发器连通，每个冻结器的回液管接至容器，盐水汇集在容器里，利用盐水自重通过干管回到蒸发器，它可直接检查每个冻结器的工作状况、流量和温度，有助于调节盐水流量，及早发现冻结器断裂现象，但增加了管路的安装和保温工作量。

每个冻结器的盐水流量要求达到6～10m³/h，在供液管里的允许流速为0.6～1.5m/s，在冻结器环形空间里的允许流速为0.08～0.2m/s，在干管、配、集液圈内允许流速为1.5～2.0m/s。干管、配、集液圈均采用无缝钢管，并要求保温防潮，减少冷量损失。

冷却水循环系统 向冷凝器、压缩机的供水水量要符合设计要求，水温不应高于25℃，水温越低制冷效率越高也易于操作维护。一般采用地下水作水源，根据具体条件，亦可采用河水、池塘水。在冷冻站旁边设泵站和水池，水池中的水用泵输入冷凝器吸热升温后，一部分返回水池，另一部分从排水沟流走，水源井向水池补充新鲜水，保证水温的要求。为了节约用水，广泛采用玻璃钢冷却塔，使流经冷凝器温度升高的冷却水经冷却塔雾化降温后反复使用，一般可使水温降至5℃左右。

冷冻沟槽 沿井筒外围有一定高度和宽度的环形空间，沟槽是安设冻结器头部，安设配、集液圈，以及作为检查、维护工作的场所。用回、去盐水干管将沟槽里的管路与冷冻站的泵、蒸发器连通。沟槽顶部用混凝土预制板覆盖并设保温层，外墙用砖，底板用混凝土，设集水坑以便排水。

（王正廷　张　文）

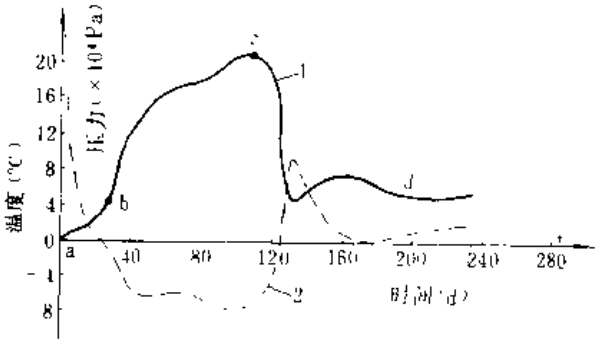
dongjie yali

冻结压力 （freezing pressure）　又称冻胀力。冻结井筒（巷）掘砌后，由于冻结壁蠕变变形和支护材料热量扩散造成冻结壁局部融化后再回冻冻胀而作用于井壁上的临时荷载。它的数值大小是外层井壁设计的依据，而其增长（变化）规律是外层井壁质量控制和选择支护材料性质的主要因素。

立井实测冻结压力变化曲线如下页图所示，它分为三个区段：ab段为地层和冻结壁应力重分布和冻土蠕变变形为主因的压力；bc段为井帮冻土因支护材料的热量扩散融化后回冻冻胀及冻结壁继续蠕变为主因的压力；cd段为冻土因二次支护材料的热扩散融化后缓慢回冻冻胀以及冻结壁融化，地层压力调整过程中引起的变化压力。

图中的实测曲线表示出的是冻结压力综合变化规律，代表了两类不同的冻结压力增长过程，一类为冻胀

型曲线，初期压力增加较慢，随壁后冻土逐渐降至0℃以下，回冻冻胀压力迅速增加常发生在冻结壁强度高，井帮温度低的土层中；另一类为塑胀型曲线，压力在初期快速增加，5～7天可达到最大压力的60%～70%以上，以后增加速率减缓，主要发生在冻结壁温度较高且有强烈蠕变特性的土层中。快速增加的初压力常造成外层井壁的破坏。



冻结压力与温度的变化曲线
1—冻结压力曲线；2—壁后冻土温度曲线

影响冻结压力变化的因素有地层深度、土层特性、冻结壁状态、施工工艺及支护特性等。同一土性地层中的压力值随深度而增加；同一深度的压力随土性而变，粘性土比砂性土的压力和压力增加速率高得多；同一掘进段高中，土质相同，段高中、下部比上部大；同一深度上，冻结壁越厚、温度越低，冻结压力相应减少，增加速率相对降低；增大支护柔性和采用平行作业法可在一定程度上降低冻结压力的增长速率。

冻结压力至今尚无可行的理论计算方法，其数值大小和变化规律主要依靠现场量测研究获知。量测使用最多的传感器是钢弦式压力盒。

（苏立凡）

dongjie zhileng

冻结制冷 （refrigeration for freezing） 由压缩机做功使制冷剂物态变换制冷并由冷媒剂将冷量传递到冻结器的工艺过程。它通过制冷剂在封闭的循环系统中由液态蒸发为气态时的吸热反应产生冷效应，使冷媒剂降温，低温的冷媒剂又通过自己的循环系统流经冻结器与围岩进行热交换并使之降温直至冻结。

制冷剂为利用物理状态（液态、气态）变化引起的吸热和放热效应而将热量从一处转移至另一处的制冷物质。其液体在较低压力下汽化（蒸发器中）而吸收被冷却物质（一般为盐水）的热量变成蒸汽，经压缩（在压缩机中）升至冷凝压力后由于冷却液化（冷凝器中）而将热传递给周围介质。它分为现场制冷剂和离场制冷剂。现场制冷剂有氨、氟里昂等，它们在高压下呈液态，降压吸热后蒸发为气态，通过压缩机压缩成为过热蒸汽经冷凝复变为液态，制冷剂在系统内物态的循环变化中，由封闭系统外的冷却水吸热冷凝，同时它从冷媒剂（盐水）中吸取热量而成为冷源。离场制冷剂有干冰、液氮等，在吸收周围的热量后，干冰升华、液氮气化而成为冷源，它们在工厂被（压缩）制造成固态、液态，升华（气化）后则散失在空气中，是不能重复循环的制冷剂。

冷媒剂是传递冷效应的低温中间介质，常用的有氯化钙水溶液，氯化钠水溶液等，通称之为盐水。

液氨（NH_3）常用于制冰和大型冷库及公共设施集中供冷的空调装置中。氨具有沸腾温度低、冷凝和蒸发压力适中、单位容积制冷量大、制冷中氨的循环量相对较少等特性，与用其它制冷剂相比：①氨循环流动阻力小，所需的管道直径小；②氨放热系数高，可提高热交换器（蒸发器，冷凝器）的工作效率；③氨在润滑油中溶解度小，油污易从制冷系统底部排除；④吸水性强，在低温下水也不会从液氨中析出，避免在管路中形成冰塞；⑤氨泵可使液氨在管道循环中直接吸收被冷却介质的热量而降温冻结——无盐水冻结；⑥氨有毒、有异味，其渗漏容易被发现，当空气中氨含量为16%～25%时遇明火会引起爆炸。由于氨货源广、价格低。它是中国冻结法凿井中最常用的制冷剂。

氟利昂是饱和碳氢化合物的卤素衍生物的总称，种类繁多，性能各异，其共同的特性是无毒、不易燃烧、潜热指数小、单位容积制冷量小、制冷剂循环量大、价格高。中国已生产出制冷能力为10万kJ/h的螺杆式氟里昂压缩机组，现已用于安全要求高的地铁、地下通道工程冻结。

干冰（CO）为无味、无毒的固体颗粒，需保温避光存放，在常温和大气压力下损耗量大。液氮（N_2）为制氧附产品，无毒、无味，需在高压容器内存放运输。干冰升华、液氮汽化均可取得更低的温度。中国曾对干冰和液氮冻结地层的方法进行了试验和观测：①将酒精和干冰混合，可取得－60℃的低温中间介质，经泵送在冻结器内循环可使地层达到冻结的效果；②由专用液氮槽车将液氮送至施工点，经过管路和节流阀降压，使液氮在冻结器内循环吸收地层热量后排放于空气中，不断供给液氮使地层冻结——液氮冻结，冻结温度可达－130℃，20世纪90年代液氮冻结已用于地铁隧道堵水工程中。

盐水是制冷系统中冷量的传递媒介，其热容量（比

热)随浓度增加而减小，选择盐水浓度应使冷媒剂在蒸发器内不冻结、循环时泵的耗电量要小。氯化钙水溶液比重1.286时，结晶温度－55℃、适用于工作温度高于－50℃的条件。在冻结法凿井时常用的冷媒剂是比重为1.26～1.27的氯化钙水溶液，它在敞开式盐水循环中溶入空气后对金属有腐蚀性，因此，在盐水中加入一定比例的重铬酸钠和氢氧化钠外加剂，使之呈弱碱性，可降低其腐蚀作用。

氨压缩制冷 以氨为制冷剂的压缩—蒸发制冷循环系统，它是由压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器经管路依次联结后形成的封闭制冷系统。

氨在常温、高压容器内呈液体状态，液氨沿管道经膨胀阀(节流阀)节流降压后，进入淹没在盐水中的蒸发器盘管内吸收盐水的热量，形成饱和蒸汽氨，再经压缩机压缩为过热蒸汽氨排至冷凝器内，与冷却水进行热交换后，被冷却为常温、高压的液氨。不断地反复以上循环，使盐水温度逐渐下降至设计温度。

氨单级压缩制冷 饱和蒸汽氨经压缩机一次压缩排出为过热蒸汽氨，再由冷却水冷凝为液体氨的制冷工艺流程，它是制冷循环的基础。

单级压缩制冷量指冷凝温度$t_k=+30$℃、蒸发温度$t_0=-15$℃时的小时制冷量。在环境温度、冷却水温度、要求的盐水温度不同时，制冷量不是定值。一般限定在冷凝温度$t_k\leqslant+30$℃、蒸发温度$t_0\leqslant-25$℃，或冷凝压力(P_k)与蒸发压力(P_0)之比为$P_k/P_0\leqslant8$。当P_k/P_0过大时，汽缸内余隙容积增大，无效蒸汽量增多，氨单位容积制冷效率下降，排汽温度增高，滴滑油粘度下降，运动机件磨损增大，电耗增加，机械效率低，循环的经济指标下降。

在制冷工程计算中，氨蒸发温度t_0应比要求的盐水温度低5℃，氨冷凝温度t_k应比进入冷凝器的水温度高8～10℃。地下水温度一般为17～18℃，经管道进入冷凝器的水温为20～22℃、相应$t_k\approx30$℃，$P_k\approx1.2$MPa。在此条件下，氨单级压缩制冷达到的最低盐水温度约为－20.6℃，故只能用于设计盐水温度≤－20℃，冻结壁平均温度≤－4℃的浅井冻结，或在深井冻结初期或维护冻结期应用。

单级制冷系统简单，操作和维护方便。在冬季或冷却水温度比较低、蒸发温度≤－30℃时使用，能充分发挥压缩机制冷效率。

氨双级压缩制冷 用单机使氨的压缩过程分为两个循环阶段完成，即饱和蒸汽氨经压缩机的低压缸吸入压缩为过热蒸汽氨后，排入中间冷却器冷却为中间压力($P_中$)的蒸汽氨，再由压缩机的高压缸吸入压缩至冷凝压力下的过热蒸汽氨，然后经冷凝器冷凝为液氨，进入蒸发器制冷。

中国生产的单机双级压缩机有：S8－12.5A和S8－17型两种，它们有低压缸6个、高压缸2个。氨双级压缩制冷比氨单级压缩制冷系统操作和调整复杂，适用于压缩比$P_k/P_0>8$和冷凝温度$t_k>+35$℃的条件。中国主要用于低温冷藏库制冷，国外已用于矿山井筒冻结。

氨串联单双级压缩制冷 由多台单级氨压缩机和中间冷却器及辅助设备(冷凝器、蒸发器等)构成封闭的制冷循环系统，能实现单级压缩制冷或双级压缩制冷。

制冷系统是依据冻结井筒所需的总制冷量确定单级压缩机的总台数。按冷却水水温、水量和环境温度，以容积比为0.33～0.5计算出配组式双级压缩时需用的低压机和高压机台数。为使改变运转方式简便，通常将2～3台低压机的排气端加装有氨阀的裤叉管，分别与排气总管和中间冷却器进气总管联通。

开始冻结运转时，热负荷大，需要制冷量大，盐水温度为正温时，氨蒸发温度高，使用单级压缩制冷可充分发挥压缩机的制冷效率。随着冻结的延续，冻结圆柱不断的扩展，热阻增大，冻土扩展速度下降。盐水温度降至负温后，氨蒸发温度降低，使活塞式氨压缩机压缩比增大、制冷效率下降。盐水温度下降速度缓慢，此时，可适时地转为双级压缩制冷方式。通常在盐水温度达到－10℃以下即可转入双级压缩，减小压缩比，改善压缩机工作条件，使盐水温度持续下降。

转入双级压缩时，首先启动高压机，使中间冷却器工作正常后，关闭低压机与排气总管联通阀，开启与中间冷却器总管联通阀。该种制冷系统能根据不同冻结期热负荷的变化来调整制冷方式，适用于气温高、冷却水量少和设计盐水温度低于－30℃的井筒冻结，是目前中国深井冻结的主要制冷方式。

(任期建)

dongzhu liangyong zuanji

冻注两用钻机 (drilling machine for freezing-grouting hole) 适用于冻结孔和注浆孔钻进的专用机械。20世纪50～60年代，中国主要使用地质勘探用的红旗油压650型及TXB－1000A型千米立轴钻机打冻结钻孔，70年代以后，冻结法凿井与注浆技术所需钻孔总长度增加，对钻孔钻进速度和质量提出了更高的要求，从而提出了研制适应冻结、注浆工艺，专用钻孔设备的任务。经过综合分析后提出钻机的主要技术参数如下页表，进而开发研制出DZJ500－1000型转盘式冻注两用钻机。

钻机的主要技术参数

序号	项 目	单 位	数 量
1	转盘：		
	扭矩（max）	kN·m	11.7
	搓扣扭矩	kN·m	34.3
	转速	r/min	55～215
2	绞车：		
	单绳最大拉力	kN	78.4
	单绳额定拉力	kN	58.8
	快绳速度	m/s	0.82～3.22
3	泥浆泵：		
	第一组缸套		
	压力	Pa	50
	流量	L/min	850
	第二组缸套		
	压力	Pa	80
	流量	L/min	350

DZJ500－1000 型钻机由转盘、绞车、自动给进装置，井架、游动系统、底盘、泥浆泵等组成，该钻机的性能特点：①使用合理的钻具组合能钻进 500m 深冻结孔与 1000m 深注浆孔；②钻进过程中由恒压给进装置自动调控孔底钻压与钻进速度，精确地控制钻具受力中和点位置，实现减压钻进，钻孔垂直度高；③可用于纠偏或钻进定向钻孔，配套泥浆泵的流量与压力可有效地保证井下动力钻具正常工作；④钻具系统可实现不起钻侧斜，钻孔偏斜率可控制在 3‰左右；⑤钻具安装与拆卸工序由搓扣油缸和转盘配合实施。

DZJ500－1000 型钻机在工业性试验中，台月效率达 1950m；冻结孔最大钻进深度 415m，注浆孔最大钻进深度 750m；井下动力钻具在冻结孔和注浆孔钻进中，实现了定向纠偏工艺措施，在 S 型群孔定向钻进中，钻成了具有世界水平的定向钻孔。

（吕继昌）

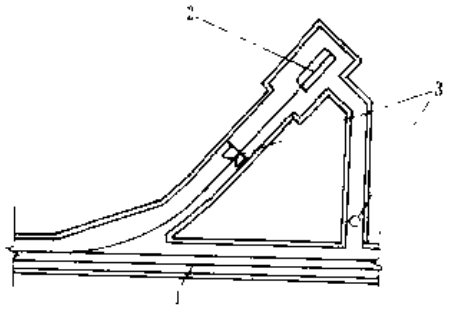
dongshi

硐室 （underground room） 为某种专门用途在井下开凿和建造的、断面较大或长度较短的空间构筑物。按其作用分为主要硐室和辅助硐室两类。主要硐室有马头门（井筒与井底连接部）、主排水泵硐室、井下主变电硐室、井下煤仓、箕斗装载硐室、翻车机硐室、卸载站硐室、防水闸门及密闭门硐室等，辅助硐室有井下电机车库及修理间、井下变流室、柴油机车库及加油站、消防材料库、井下工具及备品保管室、井下保健室、井下等候室、井下调度室及乘人车场等。

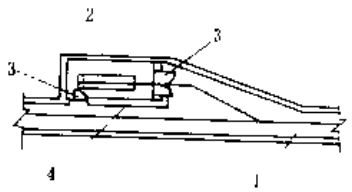
井下辅助硐室一般根据井底车场形式确定，并置于地质构造简单、涌水量小，易于开凿和维护的地段。其布置要符合《煤矿安全规程》的规定，设备安装操作方便，工程量要小。

井下电机车库及修理间 在井下进行牵引机车维修保养工作的硐室。修理间分为架线式电机车修理间与蓄电池电机车修理间，它们均设修理室和检修坑，如需停放电机车还应设停车室。蓄电池电机车修理间加设充电室和变流室。修理间各个硐室采用联合布置方式，其位置应在井底车场或其附近的运输大巷进出车方便、无水、稳定的围岩中。工作机车少于 10 台，设一个机车出口和一个行人出口；10 台以上设一进一出两个出口，不另设行人道。

井下架线式电机车修理间的布置形式 有硐室式和加宽式两种：①硐室式用在围岩稳定性较差、需要砌碹、机车数量较多的矿井内。硐室布置在运输巷道的一侧，并留有一定的安全岩柱，见图 1（*a*）；②加宽式用在巷道围岩比较稳定，运输大巷和电机车修理间均为单轨的情况下，见图 1（*b*）。修理间硐室的长度取决于存放电机车台数，若不计弯道一般为 10m 左右。大型矿井机车较多，修理间硐室内仅存放少量电机车，检修时大部分存放在井底车场及大巷附近。检修坑的规格一般为 5000mm×800mm×1600mm（长×宽×深）。工作机车在 10 台以下设一个检修坑，超过 10 台设两个检修坑。检修坑设在巷道轨面以下，采用 C15 号混凝



（*a*）



（*b*）

图 1 架线电机车修理间布置形式

a—硐室式；*b*—加宽式

1—大巷；2—检修站；3—栅栏门；4—隔墙

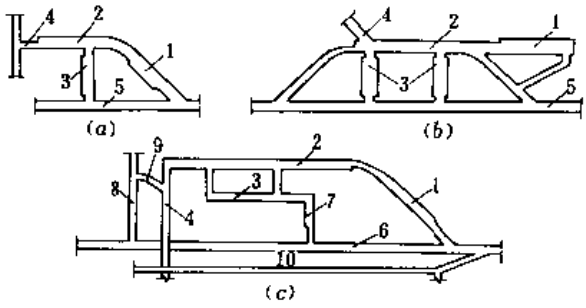


图 2 蓄电池电机车修理间、充电室及变流室布置形式

a—单翼进车；b—双翼进车；c—采区下部车场处单翼进车
1—修理间；2—充电室；3—变流室；4—回风巷道；5—井底车场巷道；6—采区下部车场；7—变电室；8—爆破材料库通道；9—爆破材料库回风巷道；10—轨道上山

土和防水混凝土两次浇注。坑底砌成 3‰～5‰的坡度，最低处设积水坑集中排水。检修坑上方设承重梁，梁的型号及数目由电机车吨位而定。

井下充电室 用于井下蓄电池电机车电池组充电所设的硐室，充电室内包括充电间、变流间和修理间等。该硐室宜联合布置，若条件所限不能联合布置时，相距不宜超过 100m。充电室的布置主要分单翼进车、双翼进车及采区下部车场处单翼进车三种形式。见图 2。大型矿井工作机车较多、充电室的充电台多，一般采用双翼进车布置形式。当井底车场无法布置充电室或仅采区使用蓄电池机车运输时，采用采区下部车场单翼进车布置形式。充电室的布置要求：①蓄电池充电不断地析出氢气，整流装置在运行过程中散出热量，氢气在高温下会发生爆炸，因此，硐室内要有足够的风量进行降温，一般进入充电室的风量不应小于 $2m^3/s$，含氢的风流不得进入变流室内；②硐室均应用不燃性材料砌筑，备有一定数量的消防器材；③充电台可布置成单列、双列或三列，一般常用单列，充电室内设起重梁或手动吊车等。

井下变流室 位于井下，用于将交流电源变为直流电源的硐室。井下架线电机车、蓄电池电机车都用直流电源，需将井底交流电源变为直流电源。使用架线电机车的矿井，硅整流设备多设于井下变电硐室内，使用蓄电池机车的矿井，硅整流设备和蓄电池组均设在一个联合布置的硐室内。井下变流室由整流器间和变压器间两部分组成，硐室的进出口处均设有向外开的防火门，备有足够的防火器材，要通风好、操作方便。变流硐室的高度一般不应小于 2.2m，并用不燃性材料砌碹，严防渗漏水。

井下柴油机车库及加油站 柴油机车用于井下运输具有运输成本低、效率高、环节少、运输系统简单、安全可靠等优点，但柴油机车排出的废气含有多种有毒气体、运行中释放热量污染环境和井下维修保养困难等问题，中国地下煤矿很少使用。国外柴油机车使用较早，在处理废气、降低温度、工艺制造等方面发展很快、采用较多。井下柴油机车库及加油站的布置与蓄电池机车库相同，但对加油站有严格的要求，主要有：①机车库及加油站以联合布置为宜，至少设两个出口，保证工作人员能迅速撤出；②英国《井下内燃机车运输规程》规定，机车油箱中的油及井下加油站贮存的油，总和不得超过这些机车在 48h 内的消耗量；③加油站必须要有单独的进风风流，回风风流必须直接引入矿井总回风道或采区回风道；④机车库及加油站与井口及主要巷道要有一定的安全距离，硐室要设在没有煤与瓦斯突出危险、没有冲击地压及自燃危险的稳定围岩中，不允许有渗漏及淋水出现；⑤机车库及加油站备有足够的灭火器材；⑥机车在运行过程中，机身积存有煤尘，带有静电，因此要设机车清洗处。

消防材料库 井下存放消防材料或消防列车的硐室。中国《煤矿安全规程》规定："每一矿井必须在井下设置消防材料库"，"井下消防材料库应设在每一个生产水平的井底车场或主要运输大巷中"。并设置两个出口，室内要通风良好，不滴漏水，便于出车及消防材料的搬运。消防材料库的布置形式有：硐室式及加宽式两种。硐室式见图 3 (*b*) (*c*)，加宽式见图 3 (*a*) (*d*)。

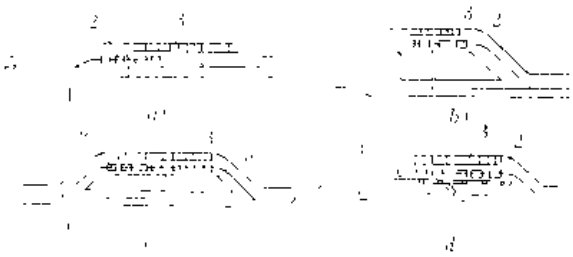


图 3 消防材料库布置形式图

a、*d*—加宽式；*b*、*c*—硐室式
1—巷道；2—消防列车；3—消防材料；4—隔墙；5—岩柱

井下工具及备品保管室 井下存放小型工具及备品的硐室，位置可设在井底车场等候室附近，便于上下班工人取存。硐室内设工具存放架，硐室规格可选用高 2.4m、宽 2.3m、长 3～7m，一般要砌碹，通风良好，

不滴水。

井下保健室 井下伤员急救诊所。设于靠近升降人员的井筒附近、交通方便和人流集中的地方，可与井下调度室或等候室联合布置，保健室内应备有急救药品、骨折固定用具、担架、简易病床、桌椅、电话和其他卫生设备。室内隔为诊疗室和库房，硐室一般宽 3～4m，高 3m，长 4～6m。

井下等候室 井下工作人员候车、等罐的硐室。等候室靠近升降人员的井筒，有进出两个通道与井底车场连接，常与井下保健室联合布置。硐室宽度按所设坐人长凳排数确定，一般设两排长凳时为 2m，4 排长凳时为 3.8m；长度按容纳人数确定，一般为 15～30m，高度不小于 2.2m，需砌碹防淋水。

井下调度室 井下运输及生产管理的总调度站，设在井底车场咽喉通道附近，也可与井下保健室联合布置。硐室内一般设井下运输调度总机和井下通讯电话总机。大型矿井采用信集闭系统。装备电讯设备较多，硐室分隔为两个开间，内室为信号设备室，外室为调度室。硐室宽 3～4m、高 2.5～3.0m、长 4～6m，需砌碹防淋水、铺设混凝土地板或木地板，硐室底板高出大巷底板 0.3m。

乘人车场 停放人车及上下人员的地方。分为斜井乘人车场及平巷乘人车场。斜井乘人车场设在井口或井底；平巷乘人车场设在井底车场空车道，运输大巷或采区上下山和石门内。乘人车场布置有专用人车停放线或单轨巷道加宽设人车停放线两种形式。乘人车场断面，在上下人员的一侧从道渣面起净高 1.6m 以内设宽 1.0m 以上的人行道，车线长度一般为列车长加 5.0m。

参考书目

《煤矿矿井设计手册》，煤炭工业出版社，1981。

淮南矿院，《井巷设计》，煤炭工业出版社，1982。

杨勇翔，《煤矿设计》，煤炭工业出版社，1989.5。

（孙恩棠 兰生智）

dongshi baopo

硐室爆破 （chamber blasting） 将大量炸药装入专用硐室或专用巷道内进行爆破的方法。硐室爆破可在短期内完成大量土石方工程，有利于加快施工速度；凿岩工作量大大减少，凿岩机具及需要的机械设备简单，材料及动力消耗少。但挖掘装药硐室较困难，劳动强度高，工作条件差；爆破矿岩块度不均匀，二次爆破工作量较大；爆破时有较大的震动效应，对周围地面和地下建筑等保护不利。

硐室爆破法的适用条件：①填挖土石方量集中，需要在短期内发挥效益的重点工程；②山势陡峻地形险要，土石方工程量大，机械设备上山有困难；③在山区修建铁路，公路路堑和平整场地；④露天矿建设初期的大量土石方剥离工程；⑤在深山野岭或深谷河谷有利地形条件下填筑路堤、开挖河渠和采石工程。

硐室爆破是从 20 世纪 50 年代开始发展起来的。中国在吸收和借鉴苏联成功经验的基础上，进行了大量的实践，逐步总结了一套硐室爆破设计计算方法、爆堆堆积估算方法及爆破后效应的计算方法，完成了上千次起爆药量从几吨、几十吨到上万吨的土石方硐室爆破工程，80 年代末又逐步采用和完善了条形硐室爆破法，使硐室爆破效果包括块度、爆堆形状、抛掷率、边坡质量等都有了显著的改善。

参考书目

冯叔瑜等，《爆破工程》，中国铁道出版社，1980。

大爆破编写组，《露天大爆破》，冶金工业出版社，1978。

（王树仁 刘清泉 李玉民）

dongshi shigong

硐室施工 （chamber construction） 进行硐室掘进及永久支护的作业。

硐室施工的特点：(1) 断面大，长度短，不适合使用大型施工机具；(2) 硐室周围连接的井巷工程多，围岩受力复杂，掘进和支护难度大；(3) 硐室施工应与相连的井筒巷道施工统筹考虑，施工组织复杂；(4) 硐室往往需要浇筑设备基础，预留管缆沟槽、孔洞及安设起重梁等，施工程序复杂；(5) 井下变电所、井下爆破材料库等硐室要求具有隔水、防潮性能，支护质量要求较高；

硐室的施工方法有：全断面施工法、分层施工法、导硐施工法等。选择硐室的施工方法时，必须综合考虑地质条件、断面大小、支护形式、施工设备、运输条件、施工组织管理水平和工人技术素质等因素才能实现安全、快速、高效、低耗、优质的目的。

全断面施工法 按设计断面一次将硐室掘出的施工方法。全断面施工法的特点：(1) 硐室一次成型，开挖断面大，能充分发挥中深孔爆破的优势，有利于提高机械化程度和劳动生产率；(2) 施工步骤及工序少、效率高、速度快、成本低；(3) 作业地点集中，施工管理方便；(4) 便于一次铺设轨道及管线，提高工作效率；(5) 通风条件好，有利于改善作业环境；(6) 可更好发挥光面爆破，锚喷支护的优越性。当硐室高度较大，钻凿顶部炮眼操作困难时，可分两次爆破，即硐室底部先钻眼爆破，暂不出矸，掘进工站在矸石堆上打上部眼，上部炮眼爆破后，清除部分矸石，即可进行顶部临时支

护，然后清除全部矸石，同时在掘进工作面后 10～20m 处进行永久支护作业。

此法适用于围岩整体性强、稳定性较好，且硐室高度不超过 5m 时。

导硐施工法 先超前掘进小断面巷道（导硐），然后再刷大到设计断面和进行永久支护的施工方法。

导硐施工法不需特殊设备及机具，可根据不同地质条件、硐室断面和支护形式变换开挖方法，灵活性大，适应性强，施工安全。但导硐法是分部施工，施工速度慢、效率低、成本高。导硐施工法能够在复杂地质条件下保持围岩稳定，多在开凿特大断面硐室时应用。导硐施工法分为上导硐施工法，下导硐施工法及上下导硐施工法三种。

上导硐施工法 硐室高度较大宽度相对较小时，将导硐置于上部中央超前掘进，两侧对称逐步扩大并完成顶部支护。顶部掘、支后，分层开挖硐室下部并完成碹墙。上导硐施工法适用于不稳定岩层中开凿硐室。

下导硐施工法 下导硐施工法可分为中央下导硐施工法、单侧导硐施工法和双侧导硐施工法。中央下导硐施工法是将导硐置于硐室中部并沿底板掘进至预定位置然后再逐步开帮、挑顶和完成永久支护作业。中央下导硐施工法适用于围岩稳定（岩石坚固性系数 $f \geqslant 6$）的硐室施工。单侧导硐施工法是在硐室某侧有特殊要求时采用，如通常在中央水泵房靠吸水井一侧先掘导硐并掘、支吸水井，使泵房该侧墙与吸水井成为一个整体，然后再扩大与支护硐室其余部分。双侧导硐施工法是沿硐室底板在两侧墙部开凿导硐。导硐掘出后即进行墙部支护，然后刷大硐室拱部并进行支护，刷大的矸石贮于导硐中。硐室拱部全部完成后，再除去下部中间岩柱（见图 1）。双侧导硐施工法适用于硐室宽度较大、围岩不太稳定时。

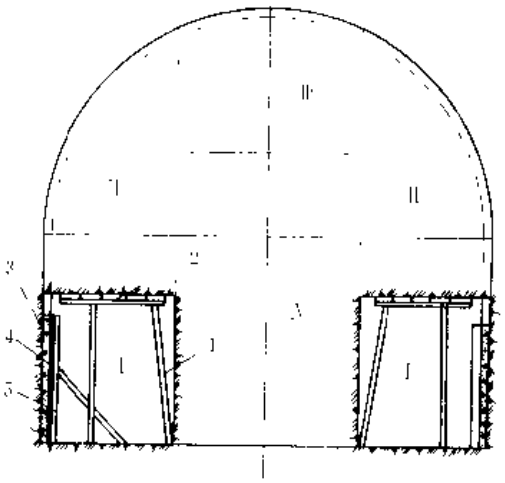


图 1 双侧导硐施工法

1—木棚（金属棚）；2—背板；3—永久混凝土墙；4—模板；5—立柱；Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ为开挖顺序

上下导硐施工法 利用上下导硐、溜矸立眼，按先拱后墙顺序自上面下分部开挖硐室。施工时将硐室分成若干个分层，先在底分层中部一次掘出下导硐，自下导硐向上部分层掘凿一个或数个立眼，立眼掘至硐室拱基线水平后，沿硐室纵轴水平方向开凿中央上导硐，立眼将上、下分层相互连通。在上导硐立眼附近将硐室拱部按设计规格刷大并进行支护。硐室拱顶完成后，再自上向下掘支各下分层，直至底分层（见图 2）。上下导硐施工法在硐室断面、高度特别大、围岩稳定性较差时采用。

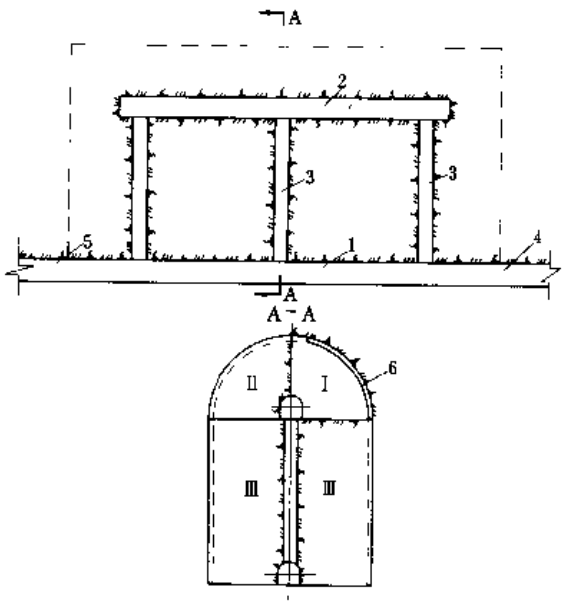


图 2 上下导硐施工法

1—中央下导硐；2—中央上导硐；3—立眼；4—硐室入口；5—硐室出口；6—锚喷支护

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ为开挖顺序

分层施工法 将硐室断面分成若干分层，依次掘、支各分层的施工方法。分为下行分层施工法和上行分层施工法。

下行分层施工法 又称正台阶施工法。硐室上分层掘进超前于下分层工作面，呈现正台阶状，超前距离一般为 2～3m。上、下台阶掘进工作面同时凿岩、出矸，一般上分层挖掘后先进行临时支护在整个硐室挖完后，再进行永久支护作业。采用砌碹的硐室可适当加大上分层的超前距离，随上分层掘进先砌筑碹拱，碹墙随

下分层工作面砌筑。该法上分层掘进出矸速度慢，上、下分层钻眼、出矸不易实现同步作业，容易出现窝工现象，它适用于围岩比较稳定整体性较好、高度较大的硐室施工，采用先提后墙施工法时也可用于较松软的岩层中。

上行分层施工法 又称倒台阶施工法。硐室下分层掘进超前上分层3～5m，工作面呈倒台阶状，上、下分层掘进交替进行。硐室上分层凿岩和临时支护利用挑顶后的矸石堆或搭设的台架作为工作台。在整个硐室掘完后再进行永久支护作业。该法上分层爆破效率高，与下行分层施工法比较减少了上分层工作面靠人力耙运矸石的繁重劳动，且上、下工作面作业干扰少，平行作业时间长，管理方便，但下台阶的顶板需进行临时支护。该法也适用于围岩比较稳定，整体性较好、高度较大的硐室施工。

当岩层很稳定时，可把上分层（或下分层）沿硐室全长全部掘出并进行永久或临时支护，然后再掘另一分层并完成全部永久支护，它组织简单，容易实现机械化施工。

参考书目

沈季良等主编，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1985。

魏同等编，《煤矿总工程师工作指南》上册，煤炭工业出版社，1988。

（宋 浩 庞有恒）

duokong tongceng zhujiang

多孔同层注浆 （grouting with multihole in same stratum） 对同一注浆层（段）用多孔同时注浆的工艺。一般采用2～3个注浆孔进行同层注浆，它主要在富水性强、岩石裂隙发育或地下水流速大的条件下使用，可提高受注层在同一时间内的供浆能力，浆液不易被地下水稀释。

采用多孔同层注浆时，应根据单一（或多个岩性相同的）含水层的分层厚度划分注浆段高，止浆塞应安放在同一岩层内，一般选在上个注浆段下部3～5m或同一隔水层的位置。

（崔增骥）

E

erci baopo

二次爆破 (secondary blasting) 又称孤石爆破。将爆破后块度过大不能装运或轧碎的石块(又称"孤石")再次爆破的方法。

二次爆破有裸露爆破法和炮眼爆破法两种。

裸露爆破法 又称"糊炮"法,即将炸药置于孤石表面并覆以炮泥进行爆破,利用炸药的猛度对被爆体所接触面的局部产生压缩、冲击使之击碎。这种爆破方法操作简单易行,但炸药耗量大,只利用了炸药的部分能量,大部分能量在大气中损失掉,爆破有害效应大,只适用于爆破地点周围无重要设备和建筑物的条件。

炮眼爆破法 在孤石上布置炮眼装药爆破。因其系多自由面爆破,单位炸药消耗量小,炮眼位置应使各方向的最小抵抗线基本相同,炮眼用砂等做成的炮泥堵塞,必要时还需要充分覆盖。有条件时,可采用水炮泥或水耦合充填,利用水作为传压介质,可获得更好的爆破效果。

(刘清泉 李玉民)

F

fabaoqi

发爆器 （blasting machine） 又称“起爆器”，曾称“放炮器”。供给电爆网路上的雷管起爆电能的器具。有防爆型和非防爆型两种。按结构原理有发电机式和电容式两种。发爆器的选用应根据有无煤尘和瓦斯爆炸危险、一次起爆雷管数量、使用雷管种类、起爆线路的阻抗等确定，保证每个雷管的端电能满足发火电流的要求。发电机式发爆器是一个小型手摇发电机，当手摇转柄时，可发出瞬时脉冲直流电由输出端钮供电雷管起爆，这种发爆器重量大、起爆能力不稳定、受潮时能力降低，已很少采用。应用最广泛的是电容式发爆器。

电容式发爆器 电容式发爆器的种类和规格较多，但基本工作原理类似，即将电池的直流电变为交流电，经升压整流（或整流倍压）对主电容器充电，待充电电压达到额定值后，接通电爆网路，主电容器放电起爆雷管。电容式发爆器有MFB系列、DR系列和高能型三种类型。

MFB系列发爆器 为防爆型，其中MFB－150型工作原理见图1，它由振荡电路、整流电路、电容和限时开关组成。当旋钮接通KA_1和KA_2时，电池电源E接通由三极管和变压器组成的间歇振荡器，使直流电变为交流电，经变压器升压后，再经二极管整流变为高压直流电向主电容C_1、C_2、C_3充电。充电到额定电压时与电阻R_2和电位器R_4组成的分压回路并联的氖灯自行起辉，充电结束。发爆时，先闭合触点KB_1和KB_2接通电爆网路，电容放电向网路输出脉冲电流以起爆雷管，然后闭合触点KC_1和KC_2使E电容与放电电阻R_5连成回路以泄掉主电容上的剩余电荷。限时开关为毫秒开关，供电时间均小于6ms，以保证输出电流有较

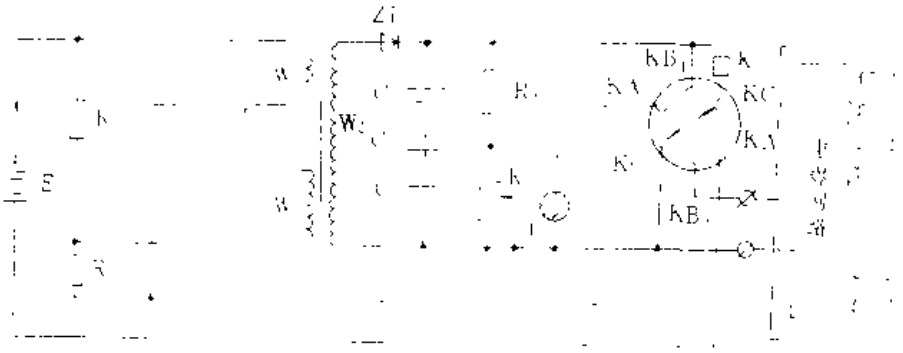


图1 MFB－150型发爆器原理图

高的等效平均值和在有瓦斯、煤尘矿的使用安全。

电容式发爆器在开始接入电爆网路的瞬间网路的总电流为：

$$I_0=U/R$$

式中I_0为初始瞬间网路总电流，A；U为发爆器放电电压，V；R为电爆网路总电阻，Ω。

随着电容放电，电压下降，电流变小。电容器提供的并非恒定的直流电，其衰减变化与通电时间和电爆网络总电阻有关。一般发爆器供电时间由限时开关控制在6ms以下，在此期间发爆器输出的非恒定直流可用一个恒定的等效平均直流来表示，即非恒定直流与某一恒定直流通过同一电阻所发生的热量相同时，该

恒定直流称为等效平均直流，$I_{等}=\Phi \cdot I_0$，Φ 为一系数，其值取决于发爆器电容 C 和网路总电阻 R 的乘积并与通电时间有关。所以，发爆器的电容量和放电峰值电压是重要性能指标。

发爆器的技术指标有发爆能力、输出峰值电压、输出冲能、通电时间、最大外电阻等。发爆能力是以能起爆串联网路的雷管数量（发）表示（指铜脚线雷管）。发爆器电源一般为 2～4 节干电池（电压 3～6V）。MFB 系列发爆器的型号有 MFB—25、MFB--30、MFB—150 等，发爆能力为 25～150 发。这类发爆器提供的电流不大，不足以起爆并联网路的大量雷管，只适用于串联网路。

使用时先将电爆网路的爆破母线接到发爆器的接线柱上，拨动限时（工作选择）开关到“充电”位置，待氖灯亮时，立即放炮，然后将开关拨到“停止”位置并将开关的钥匙及时取下。

DR 型发爆器　原理与 MFB 型相同，只是增加了一套检测雷管和网路电阻的装置，具有检测和发爆两个功能。

其中 DR—9J 型发爆器的峰值电压 900V，当串联网路电阻小于 250Ω 时可同时起爆 120 发雷管。用来检测雷管和网路电阻时有 0～40Ω 和 0～400Ω 两挡，用 4 节 1 号电池（电压 6V）。该发爆器有单独的起爆开关和测量按钮，见图 2。使用时，将爆破网路母线接至“线路”接线柱上，将“工作选择”开关置于合适的电阻测量挡位，按下“测量”按钮，检查线路有无故障和电阻值是否符合设计要求。检查无误后将“工作选择”开关置于“充电”位置充电，待“充电指示”灯亮，将“工作选择”开关置于“准备”位置。得到起爆口令后，将钥匙插入起爆钮中右旋起爆，起爆后将“工作选择”开关置于电阻挡位。

高能发爆器　GM--2000 和 GNDF—4000C 型属于此种类型。一般为非防爆型。在结构中使用晶体管

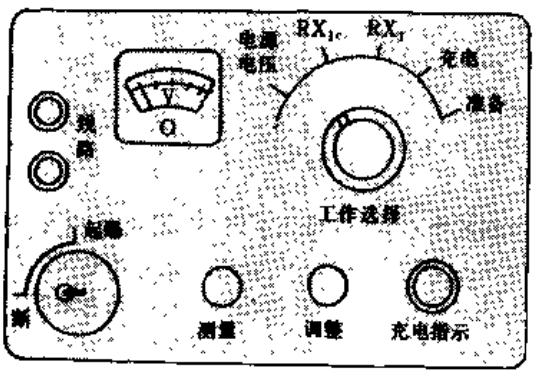


图 2　DR—9J 发爆器面板

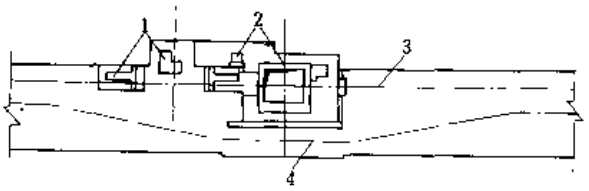
变换器，将 8V 直流升压，电容量增大，使输出峰值电压达 2000V 到 3600V。电源使用 8V 或 12V 蓄电池。使用方法同普通电容式发爆器，除用于起爆大量雷管外（2000 发到 4000 发），可起爆无桥丝抗杂散电流雷管。

电磁雷管发爆器　20 世纪 80 年代问世了一种新型起爆系统——电磁雷管起爆系统，起爆电磁雷管的发爆器为高频发爆器。高频发爆器由电源、交流器、振荡器和测量显示电路组成，可输出频率为 1.5MHz 的高频电流。为电磁雷管起爆的专用发爆器。

（王树仁）

fancheji dongshi

翻车机硐室　(tippler room)　位于井底（或采区）车场内，装有翻车机，用于将矿车中的煤炭、矸石或矿石翻入煤仓、矿仓或矸石仓的硐室。



推车式翻车机硐室布置图
1—推车机基础；2—翻车机基础；
3—列车线；4—列车通过线

硐室布置见上图，矿车牵引机车有从翻车机旁通过式及非通过式根据推车机、翻车机的型号及外形尺寸及检修设备占用的位置与尺寸确定硐室布置，具体要求：①硐室与提升井筒的距离应根据转载系统确定，并保证硐室与井筒间留有足够的安全岩柱；②翻车机和推车机布置在同一侧，操作翻车机一侧与墙间留有 1000mm 的人行道，另一侧宽度不小于 800mm，旁侧通过机车与翻车机的间距不小于 400mm；③硐室内设起重梁，翻车机两端至煤仓各设一梯子人行孔；④防止流水进入翻车机坑内，水沟可设在通过线的外侧，进车上坡，出车下坡；⑤有煤尘爆炸危险的矿井，翻车机与机车通过线之间，应设一道防尘隔墙，硐室与巷道联接处硐顶接茬采用缓坡，防止煤尘瓦斯聚集；⑥硐室必须设置洒水系统，并装设防火设备及灭火器；⑦翻车机底架安装在煤仓上口，翻车机、减速机及电动机用 C20 混凝土浇注成整体基础；⑧翻车机下设铁篦子以防卡堵。

（孙恩棠　兰生智）

fanche jifang

翻车机房 (tippler house) 安装翻车机及其附属设备的建筑物。按矿井窄轨翻车机的类型分为不摘钩和摘钩翻车机房、手动和电动翻车机房、双矿车和单矿车翻车机房。选煤厂或集中生产系统运煤用标准轨货车时，用标准轨翻车机房。

窄轨翻车机房一般设两层楼板，安装翻车机和其他设备的楼板多为钢筋混凝土结构，设备及其运转荷载由大梁承受。地面一层铺设窄轨和操作平台，为便于检修，常用钢梁或钢筋混凝土梁，上铺木楼板。地面部分多用砌体墙和钢筋混凝土屋盖的混合结构，当地面结构为圆形时，屋顶常选用球形或圆锥形壳体结构。地下部分多选用圆形、内圆外矩形或矩形、地下室墙承受漏斗及贮料荷载和抵抗墙外土压力，多用毛料石、毛料石混凝土或钢筋混凝土等材料筑成。

翻车机房常与推(爬)车机房联合建筑，并相隔开以避免因地基处理不当引起的不均匀下沉和墙体开裂。

翻车机房要设置检修起吊设施、楼板上留出检修孔，进出车的洞口位置留出人行通道。地下水位较高时，做好地下室墙体防渗及与带式输送机地道接缝处的防水处理，要有地下室积水排放措施。

标准轨翻车机房地面部分多采用钢筋混凝土排架结构，地面层和漏斗上口层均为钢筋混凝土梁板结构，地下室墙多选用圆形钢筋混凝土结构，当为双轨道翻车机房时可采用球壳基础。

(范宝华)

fanjing shigong

反井施工 (raising) 又称反向凿井。由下向上掘凿垂直和大倾角井筒并对其进行永久支护的作业。暗井、溜煤眼、通风眼、煤仓以及立井井筒延深等工程多采用反井施工。反井掘进断面一般为圆形或矩形，掘进前，须先在所需开凿的井筒的下方掘出巷道，其上部通常也要掘出巷道。反井开凿的矸石靠其自重落于井底，不需要提矸和排水系统。反井施工方法主要有：普通反井施工法、吊罐法、爬罐法、深孔爆破法和反井钻进法等。

普通反井施工法 又称木井框法。20世纪60年代以前多采用此法，是最原始的方法。它先用人工架设井框，安设梯子、平台等，然后进行掘进作业。木井框既是反井的临时支护又是工作平台的基础和人员、材料上下，矸石溜放的通道。根据围岩稳定情况可选用密集木井框或间隔木井框。木井框将反井断面分隔成梯子间、提升间和矸石间。压风管、供水管、风筒及信号缆线等卡固在梯子间或提升间的井框上(见图1)。反井掘进多采用浅眼爆破，掏槽眼正对矸石间，放炮前，用方木斜盖提升间和梯子间上口，爆落矸石可直接进入矸石间。本法所需设备少，辅助工程量小，但工序复杂，通风条件不良，作业安全性差，劳动强度大，材料消耗多，掘进速度慢。仅用于高度小、围岩稳定的反井施工。

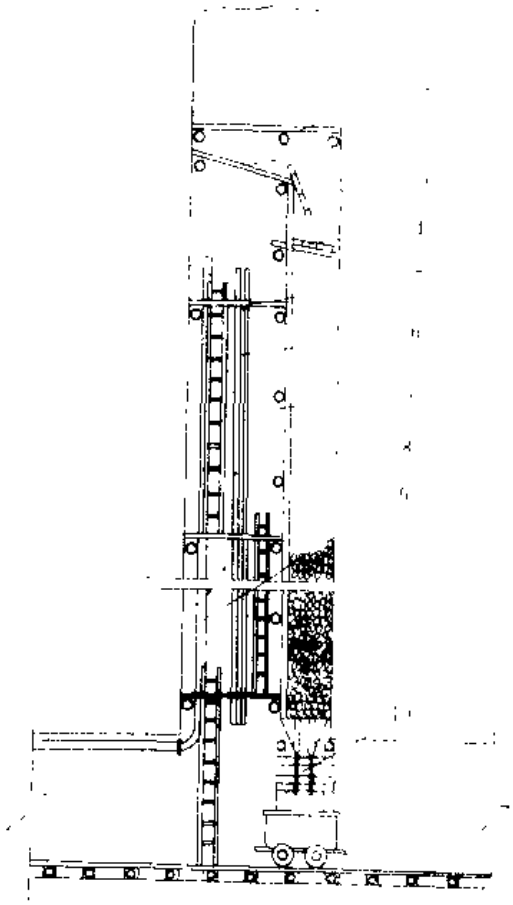


图1 普通反井施工法掘进反井示意图
1—工作平台；2—安全棚；3—短梯子；4—临时平台；5—工具台；6—风水管；7—梯子间；8—矸石间；9—风筒；10—漏斗口

吊罐法 沿垂直或大倾角井筒全高由上向下钻一组中心孔，孔径100～130mm，然后在反井上方巷道内安装提升设备，钢丝绳穿过中心孔与吊罐联接。吊罐又称吊笼。是为升降人员、设备、工具、材料的提升容器井兼作掘进工作平台。在完成钻眼装药作业后，将吊罐下放到反井下方巷道内，再进行爆破，在下部巷道内用

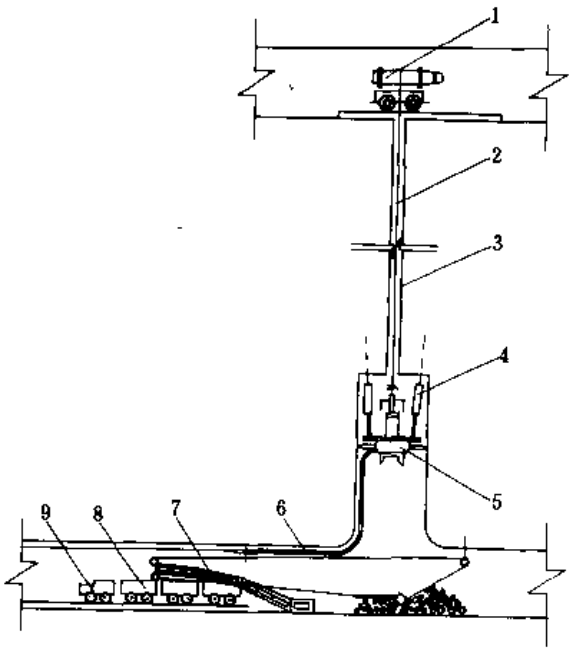


图 2 吊罐法掘进反井示意图

1—游动式绞车；2—提升钢丝绳；3—中心孔；4—凿岩机；5—吊罐；6—风水管、电缆；7—耙斗装岩机；8—矿车；9—电机车

装岩机装岩（见图 2）。

本法使用的主要设备有：吊罐、提升绞车，以及配套的深孔钻机、通讯信号装置、局部通风机和装岩机等。吊罐主要有六角形和折叠式两种。六角形吊罐分上下层布置：上层盘为工作平台安设有折页、顶盖门、横撑、吊罐联接装置等。下层盘用于升降人员、工器具及材料等，上下盘之间用立柱联接成一整体。折叠式吊罐由折叠式工作平台、吊架、保护盖板和风动横撑组成，在工作平台下装有行走车轮和稳定钢丝绳。对吊罐法施工提升绞车的要求是：制动可靠、要有足够的容绳量、提升速度慢。提升绞车有游动式和固定式两种。游动式绞车是吊罐法施工的专用设备，其最大特点是：本身装有两对行走车轮，吊罐升降时，绞车靠钢丝绳缠绕卷筒时产生的横向推力在轨道上来往游动，使钢丝绳能始终自动对准中心孔。固定式绞车一般采用慢速电动绞车或回柱绞车，用蜗轮蜗杆传动，电磁式抱闸，可与重型吊罐配套使用。

吊罐法反井施工前的准备工作包括：(1)按照所采用的提升绞车、吊罐和深孔钻机类型在反井上下部巷道内开凿作业硐室。(2)钻凿中心孔，一般为两个，即主孔和副孔，主孔用于提升吊罐，副孔为管线孔。反井高度较大时另增加一个放炮电缆孔。主孔居中布置，副孔距主孔 0.5～0.6m，主孔偏斜不得超过 0.5%。(3)安装电气控制设备及通讯信号装置。(4)安装绞车，游动式绞车运行轨道铺设必须水平，轨道的中心与主孔中心一致，绞车硐室内的轨道不能与电机车轨道相连。

反井掘进钻眼爆破时利用中心孔作为自由面，采用空心掏槽直眼爆破。装药联线完毕要将吊罐下放到井底巷道内安全地点，并将钢丝绳提出孔外。放炮通风后，即可进行下一循环的掘进工作。本法用于稳定与较稳定的岩层，掘进高度可达百余米，掘进速度快、效率高、木材消耗少、作业条件较好，但钻孔偏斜较难控制，堵孔后处理困难。

爬罐法 爬罐沿固定在井壁上的导轨上升到工作面，工人在爬罐的钻眼平台上进行钻眼、装药联线等作业，爆破时将爬罐下放到反井下部巷道内（见图 3）。爬罐指反向凿井时，用于掘进作业，可沿安装于垂直井筒一侧导轨上下爬行、装有驱动装置和安全伞的笼形结构物。它靠驱动装置转动，齿轮沿齿条导轨上下移动而升降，掘进高度 300m 左右时多用风动马达驱动，掘进高度超过 1000m 时多用电动机或内燃机驱动。爬罐法掘进速度快、工效高、安全条件好，适用于坚硬稳定岩层，可掘进倾斜和急倾斜高度大的反井，但其设备较复杂，初期投资大，辅助时间长，操作技术要求较高。

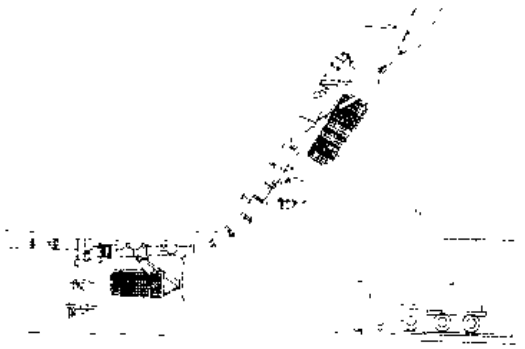


图 3 爬罐法掘进反井示意图

1—主爬罐；2、5—爬罐软管绞车；3—导轨；4—辅助爬罐；6—装岩机；7—矿车

深孔爆破法 用深孔钻机在反井断面内钻凿一组平行炮孔，从上部装药，自下而上分段爆破（见图 4），反井高度 10m 左右时也可一次爆破成井。爆破分平行中空孔爆破和漏斗爆破。平行中空孔爆破是以不装药的中心空孔为自由面，连续柱状装药，各掏槽孔炸药向中心孔爆破，形成掏槽空间。中心孔直径一般为 90～

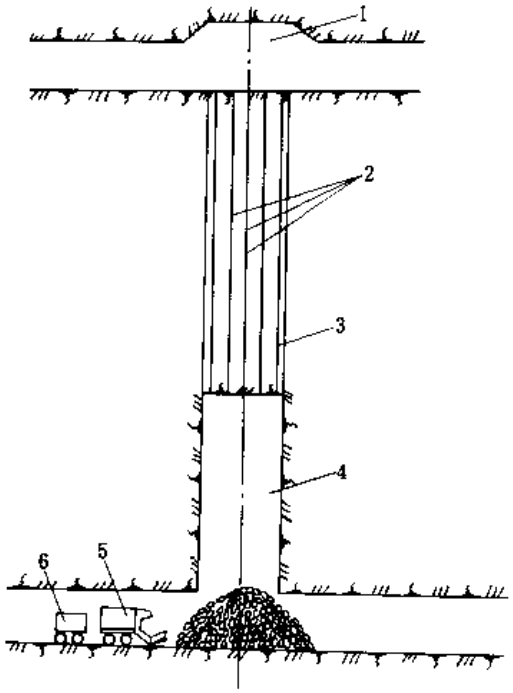


图4 深孔爆破法掘进反井示意图
1—钻机硐室；2—掏槽孔；3—周边孔；4—反井；5—装岩机；6—矿车

300mm，掏槽孔直径为51～130mm，分段爆破高度3～4m。爆破时先起爆掏槽孔，其次是辅助孔、周边孔。漏斗爆破法是以工作面为自由面，中心孔装药，但各掏槽孔中的爆破药包与自由面的距离不相等。爆破时，首先中心孔药包向自由面爆破，然后四个边角掏槽孔药包相继向中心孔爆破形成的倒锥形自由面爆破，从而形成一段掏槽空间。漏斗掏槽多采用集中装药，掏槽孔直径一般为76～110mm，分段爆破高度为2～3m。深孔爆破法工人不进入工作面，作业条件好，木材消耗少，适用于无破碎带较稳定岩层中的反井掘进，但钻孔偏斜不易控制，爆破技术要求较高。

反井钻进法 沿反井中心线从上向下钻超前导孔与下部巷道贯通，然后自下向上扩孔，亦可用盲井钻机由下向上一次钻井，前者为下行钻孔上行扩孔法，后者为全断面反向钻进（盲井法），前一种应用广泛。扩孔或向上钻进的岩渣靠自重下落，无需洗井设备。采用上扩钻进法要先在反井上下部巷道内分别开凿硐室并在上部硐室浇注钻机座垫，安装钻机后即可钻凿前导孔。前导孔与下部巷道钻通后，在下部硐室内拆除导向孔钻头与底部稳定器，换上扩孔钻头开始扩孔。当扩孔钻头接近反井上口时停止钻进，保留一定厚度的岩柱，拆除钻机后再用钻爆法一次掘通。反井钻进法的特点是，工人不进入井筒作业，工作条件好，钻速快，效率高，围岩不受破坏，井壁平滑稳定。但设备投资大，费用较高，施工准备工作量大。该法适用于倾角大于60°，钻进深度一般100～300m，最大达600多米的反井或倾斜巷道。

20世纪70年代以来，各国反井施工采用反井钻进法日益增多，反井钻机类型不断增加，如中国的TYZ-1000型牙轮钻机、LM系列反井钻机，美国有罗宾斯（Robbins）公司生产的85R、83RM—HE型反井钻机，德国生产的P—1200型反井钻机等。

参考书目

井巷掘进编写组编，《井巷掘进》第三分册，冶金工业出版社，1976。

沈季良等著，《建井工程手册》第二卷，煤炭工业出版社，1986。

杨永璿编著，《矿山爆破技术与安全》，煤炭工业出版社，1991。

（李振岐 李学军）

fanjing zuanji

反井钻机 (raise drilling machine) 又称“天井钻机”，一般指先正向钻出前导孔后再反向扩孔钻凿垂直或大倾角井筒的钻机。此外还有一种从下向上全断面一次钻凿反井的钻机，又称盲井钻机，目前使用的较少。

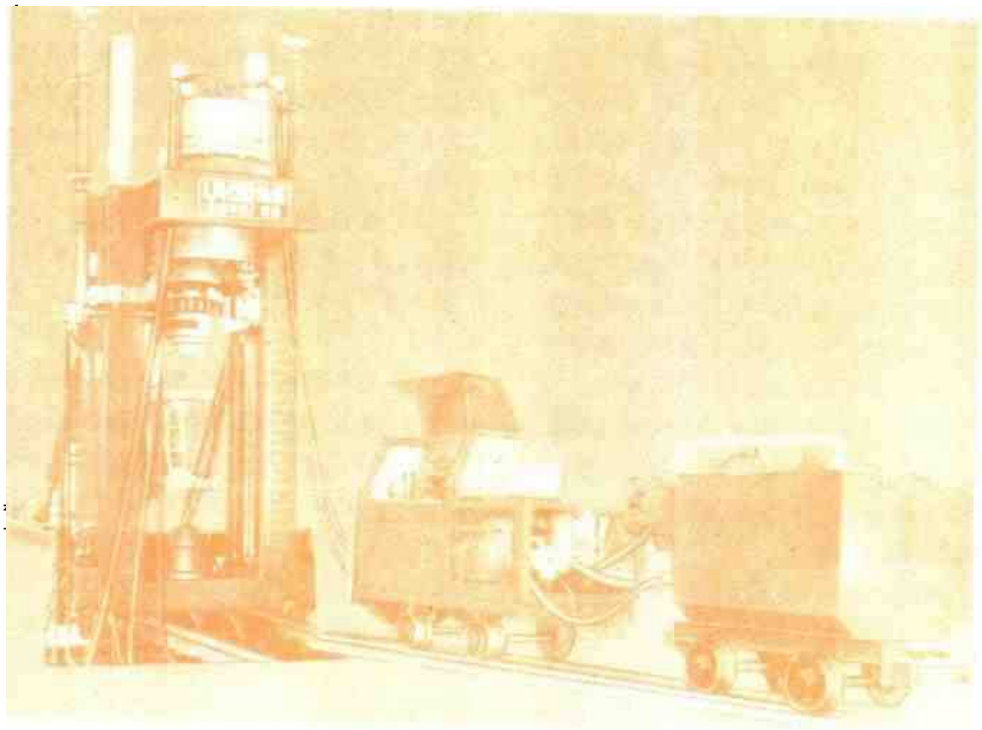
反井钻机按回转运动驱动方式有：交流、直流电动机驱动，液压驱动和压缩空气驱动等类型，其中采用液压驱动方式的较多。部分反井钻机的技术特征见下页表。

反井钻机包括：主机、钻具和辅助设备。主要由钻架、液压泵站、电源箱及操作台四部分组成，形成回转系统和推进系统，为钻头或扩孔器提供扭力矩和推、拉力。钻具由钻杆、稳定器、导孔钻头和扩孔器四部分组成，它传递和承受来自主机的扭力矩和推、拉力，使钻头或扩孔器转动，并向工作面施加钻压、切割岩体。辅助设备主要有运搬车、起吊装置、钻杆车、水泵、瓦斯断电仪等，用于钻机的搬运、安装、拆除，钻杆的装卸以及安全监测。国产LM—120型反井钻机见下页图。

反井钻机工作时，主机的液压马达驱动主轴使钻杆旋转，向钻头或扩孔器提供扭力矩。同时，液压油缸往返运动带动钻杆，向钻头或扩孔器提供推、拉力。在扭力矩和推、拉力的联合作用下，钻头对岩面产生冲击、挤压和剪切，实现钻孔或扩孔的目的。前导孔钻进时，破碎的岩屑随洗井液沿钻杆外壁溢出孔口经水沟排除，不断接长钻杆直到与下部巷道钻通。扩孔钻进时，破碎的岩屑靠自重坠落井底，钻杆则不断拆除直到

部分反井钻机技术特征表

性　能	中　国				美　国		日　本	德　国
	AT2000	ATY—2500	LM—90	LM—200	8.5R	8.3RM—HE	BM—200	P—1200
导孔直径(m)	0.25	0.311	0.19	0.216	0.35	0.311	0.311	0.195
扩孔直径(m)	2.0～2.5	2.0～3.0	0.9	1.4～3.0	3.66	3.3	1.93～2.43	1.2
钻孔深度(m)	120	100～250	90	150～200	610	610	300～400	250
推力(kN)	745	941	150	350	676	—	1690	245
拉力(kN)	1340	1793	380	850	4449	5067	2740	—
驱动方式	液压	液压	液压	液压	液压	液压	液压	压缩空气
扭矩(kN·m)	69	—	15	40	494	235	197	9.8
倾角(°)	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	0～90	—
功率(kW)	148.5	161	52.5	82.5	—	264	160	35.5
主机重量(kg)	10500	9300	6000	8270	23600	19000	23500	3200
外形尺寸(m)	4.55×1.30	2.00×1.31	1.90×0.95	2.95×1.37	宽×高	1.7×1.6	宽×高	3.8×1.0
长×宽×高	×4.03	×1.93	×1.115	×1.57	1.75×2.46	×4.2	2.85×4.76	×0.9



LM--120 型反井钻机

接近上部的巷道。

1949 年，德国设计出了世界上第一台反井钻机。在 1962 年美国研制了 31R--1101 型反井钻机后，反井钻机得到迅速的发展，美国、日本、德国、俄罗斯等国家已生产出各种类型的反井钻机，其中美国罗宾斯公司生产的产品数量较多。中国自 20 世纪 70 年代初，开始研制反井钻机，首先在冶金矿山使用获得成功，"七五"期间（1986～1990 年）研制出适应煤矿使用的 LM—120 型、LM —200 型、LM—90 型以及 ATY—1500 型和 ATY—2500 型等反井钻机，在中国矿山施

工应用中收到良好的效果。国外生产的反井钻机的钻井深度已达1000m左右，扩孔直径超过6m。中国生产的反井钻机钻井深度已达250m，扩孔直径达3m。今后反井钻机朝着大扭矩、大直径、体积小、重量轻、钻头耐磨性好、自动防偏和计算机控制的方向发展。

参考书目

采矿手册编委会编，《采矿手册》第二卷，冶金工业出版社，1990。

沈季良等主编，《建井工程手册》第二卷，煤炭工业出版社，1986。

井巷掘进编写组编，《井巷掘进》第三分册，冶金工业出版社，1976。

（程隆教 张和林）

fanghuomen dongshi

防火门硐室 （fireproof door room） 用于设置防火门的专用硐室。分双道门硐室和单道门硐室，主要设置在井下主变电所、井底车场的机电硐室及采区变电所的两个出口通道内。

硐室内安装一道向外开启的铁制防火门或防火栅栏两用门。硐室断面要符合防火门或防火栅栏两用门的安装需要，在防火门全部敞开时，满足运输、行人和通风要求。一般在门框两侧预留敷设电缆的钢管，门框上方装设管道。硐室断面为半圆拱或三心拱，用料石或混凝土砌碹，门框部分必须用混凝土浇筑。硐室铁门往外5m内的巷道用不燃性材料支护。

（孙恩棠 袁孔华）

fangshui zhamen dongshi

防水闸门硐室 （waterproof door room） 用于设置防水闸门的硐室。防水闸门是为预防地下水突然涌入其他巷道而专门设置的截水闸门，矿井常设在井底车场两端或在水文地质条件复杂受水害威胁、有突水危险区段前，硐室要选设在坚硬致密、采区动压影响范围之外稳定的岩层中。按结构形式分为圆柱形和楔形两种。

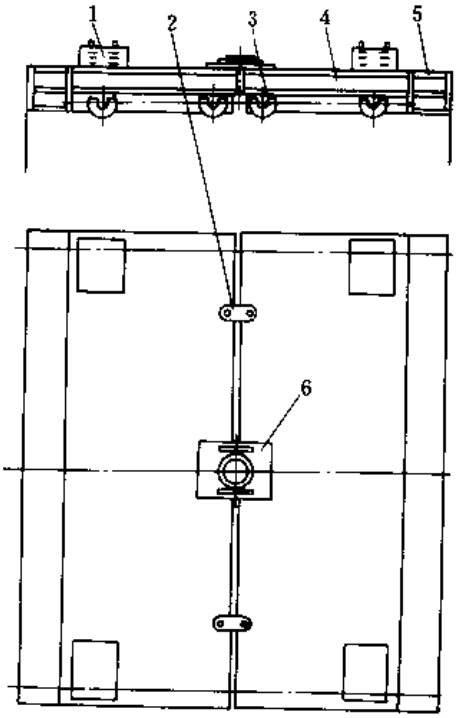
硐室结构形式、硐室密闭厚度和嵌入岩壁深度依据最大静水压力、围岩物理力学性质、混凝土的设计强度、硐室前面巷道跨度等条件计算确定。硐室断面布置要满足通风需要及敷设各种管道、电缆、运输装备及安装闸门等要求。埋设的放水管、压风管等要在门外侧设高压阀门，预埋电缆管及其它管道要有封堵装置或措施以防漏水。硐室前后不少于5m的巷道用混凝土砌碹并与硐室连续浇筑，保证紧密结合，来水方向巷道底板铺设混凝土。硐室浇筑时要保证与门框紧密结合，当水压超过3.0MPa时，门框底加布钢筋网或工字钢，门硐顶部和边墙内配设工字钢提高强度。闸门前装设起重梁以便吊装闸门，在硐室来水方向一侧装设便于装卸的电机车活动架空线和活动轨道，其长度不影响防水闸门的关闭，在硐室来水侧25m处加设挡杂物的篦子门。硐室设计预留壁后注浆管路，供砌筑完毕后进行壁后注浆用，以保证硐室与岩壁紧密结合。

（孙恩棠 袁孔华）

fengkou pingche

封口平车 （wellhead flat car） 可沿钻井井口主轴移动、载运和封盖井口的台车。用途有：①钻进时封住井口防坠；②起下钻时卡住钻头；③打捞和测井时的工作平台；④有的钻机还可接长移行轨道，使之用于转运钻头和井壁。

封口平车通常设计为二扇可以前后行走的单体平车，每扇车体有四只行走轮，根据工艺条件，主轴下面的二只行走轮通常做成可伸缩的被动行走轮，卡住钻头时，中间台座起抱卡作用，被动行走轮回缩由钢板支座承载。行走时复位，轮子伸出起行走作用。主轴多为箱形结构，两车体合拢使用时，两端设联接板临时固定，以保证使用安全。封口平车结构见图。



封口平车结构

1—行走动力部；2—联接板；3—行走轮；4—车架；5—边梁；6—台座

（洪伯潜）

fengdao

风道 (air duct) 通风机房与井颈间风流经过的一段通道。井筒与通风机之间称为基本风道，供返风用的称为返风道，通风机后部排风用的称为延长风道。风井安装提升设备难以设置井口防爆门时，经批准可在基本风道上设水封防爆盖。为降低噪音常在延长风道上设置消音设施。

风道与井筒应为斜交弧形连结，风道转弯处应为圆弧形，不得设直角，以减少通风阻力。延长风道的断面一般设计为渐变扩大形，要有一定排放高度。

风道断面尺寸由通风工艺计算确定。风道断面形状有圆形、拱形、矩形等。风道一般采用钢、钢筋混凝土、砖砌体结构，除钢结构外，其他砌体均需作内粉刷增加表面的光洁度以减少空气流通阻力，井下污气有腐蚀性时抹面应选防腐性材料。风道与井筒、风道与通风机房之间一般带有防水和防漏风措施的变形缝。风道向井筒方向作泄水坡，延长风道设置集水槽与泄水管连接将积水排到风道外。为检修风道和测风，需设人行密闭门和测风平台。为了安全，一般在通风机前风道和井筒连结处设金属安全网。靠近井筒风道兼作安全出口时，出口至少要加两道可开启的密闭风门，同时在地道与风道交接处的风道一侧，设金属安全网。风道内设调整风门时，门和出绳孔应采取密闭措施。

（杨商桓）

fengjing

风井 (ventilating shaft) 主要用于通风的井筒。包括进风（或回风）平硐、斜风井及立风井。

风井的位置、数目和布置形式，由矿井通风方式确定。根据矿井瓦斯等级、煤层赋存条件、冲积层厚度、矿井生产能力、井田面积及走向长度等情况，通过技术经济比较确定矿井通风方式。由于通风方式不同，风井布置形式有中央并列、中央边界、对角和分区通风方式等：①中央并列式通风时，矿井的进风和回风井同处于中央工业场地内。中小型矿井，工业场地只有主、副井，一个进风、一个回风，大中型矿井一般工业场地设主、副、风三个井筒，副井进风、风井回风；②中央边界式（或中央分列式）通风时，主、副井位于井田中部，副井进风，在井田中浅部设风井；③对角式通风时，风井位于井田两翼，由中央副井进风，两翼风井回风；④分区式通风时，风井位于每个分区，有进、回风井或由中央副井进风，分区回风井回风。

多水平生产或改扩建矿井，可采用多个风井混合布置，井田走向长度长的矿井初期采用中央分列式，后期改为对角式或分区式通风。

风井除通风外，一般兼作矿井的安全出口，因此平硐设人行道，斜井设台阶、扶手，立井设梯子间。为保证矿井通风安全，回风平硐、回风斜井设防爆门，回风立井设防爆盖。根据需要，风井可敷设瓦斯抽放、排水、黄泥灌浆及井下充填管路。有时风井装提升设备兼作排矸及升降人员、器材、设备等。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

（张之浚）

fufang daocha

浮放道岔 (flying switch) 浮放于轨道上可移动的简易临时道岔，供巷道掘进时调车用。

浮放道岔有钢板式和扣道式两种。

钢板式浮放道岔是在一块厚 8～10mm 的钢板上焊以方钢或轨头形成导轨，导轨两端和轨道搭接处成斜坡状道尖，便于空重车运行。钢板下用扁铁或角钢焊成槽状，扣在轨道上，在移动道岔时起导向作用。钢板式浮放道岔可做成单侧、对称、渡线和菱形几种型式。调车时将矿车推到钢板上使之沿导轨运动，即可改变矿车运行路线。其特点是结构简单、调车灵活。其结构见图 1。

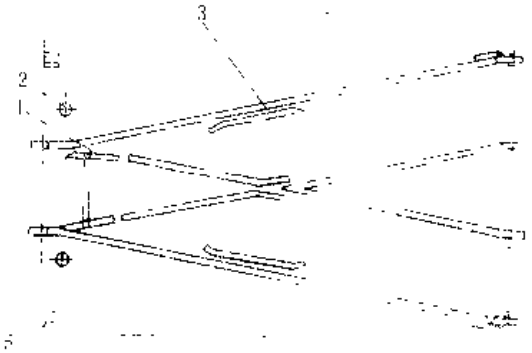


图 1 对称钢板式浮放道岔

1—活动岔尖；2—牵引孔；3—方铁轨；4—钢板；5—定位槽

扣道式浮放道岔是用 20mm 和 10mm 的扁铁焊成槽形扣道，扣在轨道上，用钢板与活动岔尖，联接轨、侧轨焊接成整体，做成道岔，并在槽形钢两端制成斜坡状，中间割出斜槽，便于矿车通过。其特点是结构简单、轻便、移动方便。其结构见图 2。

浮放道岔为可移动道岔，为缩短调车时间，要随工作面推进而向前移动，它适用于 1t 以下矿车的调车作业。

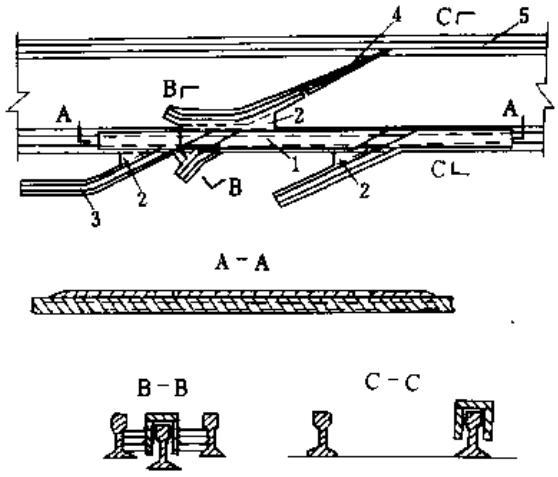


图 2 扣道式浮放道岔

1—槽形扣道；2—钢板；3—钢轨；
4—活动岔尖；5—永久轨

（许 义）

fujing

副井 (auxiliary shaft) 主要用于提运人员、矸石、器材、设备和进风的井筒。

副井包括副斜井、副立井，由于功能相同，也泛指副平硐。习惯上常将副立井直称副井。副井是矿井辅助运输的枢纽，能否正常工作，直接影响到矿井的生产和安全。

副平硐 专用于人员、材料、设备、矸石的运输和担负矿井通风、排水的直通地面的水平通道。大中型矿井副平硐有电机车牵引运输方式和由低污染柴油机车牵引无轨胶轮车运输方式。中小型矿井有时主、副平硐共为一个，既担负矿井出煤，又担负矿井辅助运输，同时兼作进风，另开风井构成矿井的进回风系统及安全出口。

副斜井 专用于升降人员、材料、设备，提升矸石，铺设管线和进风的直通地面的倾斜通道。副斜井一般为串车运输，无极绳副斜井在中国阳泉应用较广，也有采用柴油机车牵引单轨吊的运输方式。

副立井 专用于提升矸石、升降人员器材等辅助提升的直通地面的垂直通道。副立井多为罐笼井，井筒中敷设有电缆、消防洒水管、压风管及井下排水管等，副立井一般也担负矿井进风。根据矿井生产能力和下井设备最大外形尺寸确定立井罐笼数目、宽罐或窄罐。大中型矿井为便于上下综采设备，一般副立井为一对宽罐或一宽一窄两个罐笼。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

（张之凌）

G

gangjin hunningtu zhijia

钢筋混凝土支架 (reinforced-concrete support) 用预制的钢筋混凝土构件或浇注的钢筋混凝土砌筑的支架。前者为地面预制的钢筋混凝土构件在井下安装的杆件式支架，基本形式为一梁两柱的梯形结构；巷道跨度较大时，可采用拱高0.3～0.5m的弧形曲梁，曲梁做成两节，成三铰拱，立柱制成曲腿；另有多节(如五节)封闭式支架结构。后者多为整体或弧形支架。

预制构件截面有T形、槽形、矩形、方形和空心圆柱截面。T形截面构件制作方便，受力合理，构件重量较轻。梯形支架棚梁与柱多采用平面接触的亲口接，其它形式支架常采用铰接，构件间以弧面或圆柱面相接，也可垫上短圆本作为附加铰，构件可自由转动而不影响接头受力状态。构件接头处传力方向和构件轴线保持一定偏心距，可以增加其抗弯性能。预制混凝土的标号一般不低于C20。

钢筋混凝土(杆件式)支架多采用预制的钢筋混凝土背板，若支架间距较小可将支架制成宽翼形式(如宽翼T形)，构成连续排列而无背板的连体支架。

1945年钢筋混凝土(杆件式)支架首先在苏联使用，1952年中国开始采用。它承载能力大，可替代部分木支架，但构件重，压缩变形量小，性脆易折损，运输、施工不方便，主要用于不受采动影响、中等稳定围岩的巷道中。减轻构件重量，增加可缩性，实现机械化施工是扩大钢筋混凝土(杆件式)支架应用范围的重要途径。静压巷道中钢筋混凝土(杆件式)支架的可缩性(数厘米)可由接头间的垫木实现；变形大的巷道支架要有专门的可缩结构，如配合空心柱的木塞，采用钢、木夹板等。采用高标号预应力钢筋混凝土是改善支架经济技术指标的重要途径，它可节省1/2的钢筋用量和使构件截面减小1/3～1/4，目前只有简单截面直线预应力构件，其它形式，尚无产品。

(贺永年)

gangjingjia anzhuang

钢井架安装 (installation of steel head-frame) 将工厂制作的钢结构井架构件在矿井现场组装、竖立的工程。竖立井架常用翻转提升法或滑动提升法。选择安装方法的主要考虑因素是现场施工条件尽量缩短占用井口时间、避免或减少高空作业及注意安装提升的安全。

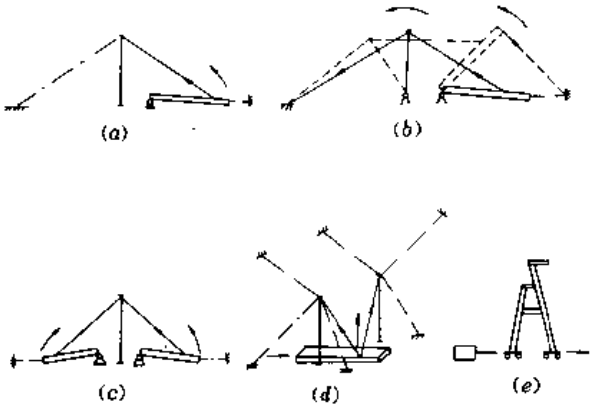
井架组装 井架包括斜架和立架两部分。当井架组装占用井口时间不影响矿井建设总工期时可以在井口(原地)组装，以简化安装工艺和缩短安装时间。若井架分成斜架和立架两次竖立时，通常是在距井筒中心15～25m的位置进行组装，再采用钢轨临时滑道、滚杠或承载平车等将组装件移至井口安装位置。

井架竖立 通常采用钢结构抱杆作为井架吊装的支承架，按井架的高度和提升受力的负荷计算确定选用单抱杆或双抱杆，抱杆的高度和断面，以及索具和地锚的大小。提升可选用一根绳两台凿井绞车，也可选用两根绳四台凿井绞车。由于凿井绞车提升速度很难同步，在两组提升滑车组的中间必须增设一只平衡滑车。井架竖立前应校核井架提升受力点的强度，必要时进行临时补强处理。

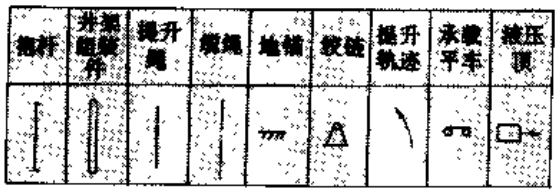
吊装井架有半翻转提升、倒杆提升、对称翻转提升、滑动提升、整体平移等方式，如下页图所示。

翻转提升 要在抱杆竖立固定后将井架移动到预先安放的绞链位置上，开始提升时提升力最大，把立架体顶端抬高20～30mm的高度时停止提升，检查各部受力点的情况，认为安全无误后即可继续提升。当架体起高到倾角为75°左右的时候，用后溜绳施力控制架体重心，使之自行慢慢落到安装位置。如果是箱板式井架，用同样的方法先竖斜架，并使斜架略向后倾，留出立架安装竖立的位置，然后再竖立架合拢找正。对大型井架采用双抱杆提升，对中、小型井架可采用单抱杆提升。

倒杆提升 需要设置前后两套提升索具，开始提升时用前索具按翻转提升的操作程序进行提升，待提



图例



井架吊装方式示意图

a—翻转提升；*b*—倒杆提升；*c*—对称翻转提升；*d*—滑动提升；*e*—整体平移

升受力点接近抱杆的高度时，再利用后提升索具拉倒抱杆带动井架继续竖立，直至井架重心移到可自行位移时，用后溜绳施力慢慢把井架安装到设计位置，并利用前提升索具把抱杆放到地面。这种安装方法的特点是利用较矮的抱杆可竖立较高的井架，对双斜架的箱板井架可一次整体竖立，可以选用单抱杆或双抱杆提升。但这种提升方式需占用较大场地，往往会影响绞车房和绞车的安装施工。

对称翻转提升 把抱杆竖立在井筒中心，把两片立架组片安在绞链上即可利用抱杆上的提升绳对称提升，并用后溜绳拉住，将井架立架安装到设计位置，但天轮平台等还需用吊车或台式抱杆进行安装。这种提升方式的特点是所需提升力相应减小，所以比较安全，占用机具较少，只需一根抱杆，但占用场地较大，而且要求对称两片井架构件重量接近，在安装过程中高空作业较多，一般用于安装棚式管材结构的井架。

滑动提升 利用两根高于井架的抱杆来进行提升，将立架直接吊装到设计位置，当为箱板井架时，也需预先将斜架拉起，最后松溜绳与立架对接。它比翻转提升力小，占用场地较少，但由于最大提升力出现在提升最后阶段，安全性不如翻转提升，所以应用较少。

整体平移 在井口外的预制平台上用塔吊或吊车进行架体组装（或者在井口外用抱杆竖立起井架）后，再装到平车上沿临时滑轨用液压爬顶装置推移（或用钢丝绳滑车组牵拉）到安装位置。特点是占用井口时间最短，但在井口以外组装时，高空作业多，而且预制平台会增加工程造价，只有在要求占用井口时间很短的情况下才被采用。

（罗志德）

gongzuomian yuzhujiang

工作面预注浆 （pre-grouting from the working face） 对井巷掘进工作面前方复杂条件的围岩地层实施预先注浆的工艺。与地面预注浆相比，该法钻孔短，浆液消耗量少，注浆效果好，便于检测。因立井工作面预注浆作业条件差，一次注浆深度小，注浆和掘进往往要交替进行，占用建井工期较长；一般适用于含水层埋藏深、厚度小，或各含水层之间相距较远、中间又有隔水层的条件。平、斜巷道（硐室）的注浆堵水工程，主要采用该工艺。

工艺参数 注浆孔数根据井筒和巷道断面大小确定，立井井筒多为 8～24 个，开孔间距 1.0～1.2m，孔径 ϕ50～ϕ90mm 根据井筒直径可用单圈、双圈或三圈同心圆布孔。分段长度由含水层厚度和钻机的能力来确定，一般为 30～50m。注浆终压计算公式为：$P_{终}=(2.5\sim3.0)P_0$

式中 $P_{终}$ 为注浆终压，MPa；P_0 为含水层的静水压力，MPa。

注浆终量为 10～20L/min；稳定时间 20～30min 为合格。总注入量可根据含水层厚度，受注地层的裂隙率按公式计算，计算公式为：$V=A\cdot H\cdot\pi\cdot R^2\cdot n\cdot\beta$，式中 V 为每段注浆孔的浆液注入量，m^3；A 为浆液损失系数，$A=1.2\sim1.5$；H 为注浆段高，m；R 为浆液的有效扩散半径，m；n 为岩石的裂隙率，%；β 为浆液的充填系数，$\beta=0.7\sim1.0$。

注浆施工 常用岩帽和止浆垫（墙）止浆。应尽量选用岩帽止浆，它省工、省料、工期短。如含水层已被揭露或岩石松软无法利用止浆岩帽，可砌筑人工止浆垫。立井注浆孔钻进多采用 75m～300m 轻型钻机，一般布置 2～4 台，钻机呈对角线分组，一组钻孔另一组注浆。孔口管要比钻头直径大 1～2 级，为防止钻进时突然揭露含水层涌水淹井，孔口管上要安装孔口防喷装置。在钻孔涌水量较小时，10～20m 为一段，当钻孔涌水量大于 $10m^3/h$ 时，停钻注浆。注浆方式多采用分段下行式，上段达到注浆结束标准后，再继续向下钻

注。

注浆泵主要有中国产 YSB－250/12 型、KBY－50/7 型、2TGZ－60/21 型和风动注浆泵，以及日本产 HFV－C 型和 HFV－D 型注浆泵。

注浆结束后用最后 1～2 个注浆孔做放水试验，以检查注浆效果，即将钻孔钻至设计深度后打开放水阀门，检查有无涌水，有涌水时，用容积法测定流量，测定静水压力，将钻孔涌水量换算成井筒涌水量，如达到设计要求即可注浆封孔。另外可用检查孔取岩心鉴定，检查孔布置在井心或在水流的上方两个注浆孔之间，孔底要超出井巷荒断面以外 1.0～2.0m，钻孔取心鉴定裂隙的充塞情况，测定检查孔的涌水量，以此确定是否已达到注浆要求。

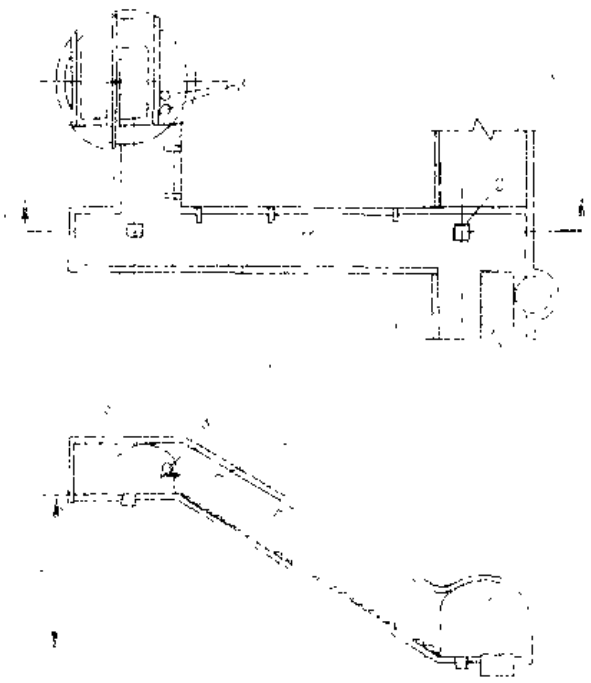
炮眼注浆　在立井井筒工作面已掘临含水层且已有水涌出时，使用凿岩钻架（或手持式凿岩机）由岩面打孔插入孔口管再用凿岩机打注浆孔注入高稠度的浆液封堵涌水的一种施工方法。注浆孔孔径为 ϕ38～ϕ42mm，孔深 3～4m，多采用水泥－水玻璃双液浆，跑浆时在浆液中添加轻质骨料，在高压泵的推压下浆液被挤入岩石裂隙，很快凝固，充塞裂隙堵水。

炮眼注浆的特点是不打止水垫、无需专用钻孔设备，炮眼孔位即为注浆孔位，打眼以后钻孔出水就打入孔口管注浆，无水时即可做炮眼使用，是一种边探水、边注浆、边掘进的非正规循环作业方式，主要适用于围岩无明显松散破碎特征的裂隙含水层。

（杨春来）

guanzidao

管子道　（pipe way）　专门用于安装排水管路的通道。通常指由主排水泵硐室至副井井筒敷设排水管的一段通道。它常兼作主排水泵硐室的安全出口，当矿井发生水患时，经管子道外撤或往主排水硐室运送设备。管子道一般布置在主排水硐室端部，主排水泵硐室与井下主变电硐室联合布置时，即靠井下主变电硐室一端。管子道一般只设一条，两个井筒都敷设排水管路时，每个井筒均设管子道；排水管路多、围岩条件不能设计大跨度断面时，可将管子道和设备运输通道分开布置。按中国《煤矿安全规程》规定，管子道与井筒连接处底板标高要高出上排水泵硐室地面 7m。连接处设平台，平台布置要满足敷设排水管路、安设管子道提升设备、通往井筒梯子间行人及运输设备的需要。管子道的倾角一般不大于 30°，并铺设轨道和设置人行台阶。管子道与平台及主排水泵硐室的轨道连接常用转盘或铁板实行轨道转向，见图。平台与井筒连接处的设备运转，立井常用托轨梁或设起重梁，斜井可与井筒轨道设道岔连接或设起重梁。管子道及平台的尺寸按管路布置方式和排水设备外形尺寸及围岩条件综合确定，一般为半圆拱或三心拱，用料石或混凝土砌碹，也可用锚喷支护。



管子道图

1—管子道；2—转盘；3—排水管；4—支管架；5—绞车位置；6—泵房；7—台阶；8—主变电硐室

（孙恩棠　袁孔华）

guandao

罐道　（guide）　提升容器在立井井筒中上下运行时的导向装置。分为刚性罐道和柔性罐道。提升容器作用于罐道的荷载（即动荷载）是计算罐道的主要荷载。这一荷载又分为断绳制动荷载和运行荷载。在提升容器装有断绳防坠器的情况下，提升钢丝绳断裂，防坠器刹住罐道时，罐道上的计算荷载主要根据制动产生的垂直力计算；正常运行时的水平力可作校核。在提升容器不设防坠器或采用 FS 型钢丝绳防坠器，以及采用多绳提升的情况下，罐道主要承受容器在运行过程中与罐道相互作用而产生的水平力。

刚性罐道　由刚性强的材料和结构组成的罐道。包括木罐道、钢轨罐道、型钢组合罐道和整体轧制异形钢罐道。刚性罐道是国内外煤矿立井井筒广泛采用的罐道型式，设计时应根据提升终端荷载、运行速度和其

它技术经济条件选用不同材质和结构的罐道。刚性罐道沿立井井筒纵向每隔一定距离固定在罐道梁上。

(1)木罐道由强度较大的致密木材制作而成，通常为 180mm×180mm 或 200mm×180mm 的矩形断面、单根长度为 4m 或 6m。木罐道结构简单、更换方便，既可用作容器运行的导向，又能为断绳时防止容器下坠的支承结构。20 世纪 60 年代以前在中国煤矿立井井筒中，木罐道得到较广泛的应用，由于木罐道强度低、易腐蚀、使用寿命短，70 年代以来采用较少。

(2)钢轨罐道强度大，使用寿命长，能适应立井提升终端荷载较大的技术需要，在中国大中型煤矿中得到广泛采用。根据不同的提升容器，钢轨罐道可采用 38kg/m 或 42kg/m 的钢轨制作，每根钢轨长度一般为 12.5m。

(3)型钢组合罐道由槽钢和扁钢，或球扁钢和扁钢焊接而成。该罐道侧面刚性和断面系数大，配合使用摩擦系数小的胶轮滚动罐耳，容器运行平稳，罐道与罐耳磨损小，使用寿命长。20 世纪 70 年代以后在中国煤矿立井井筒中广泛采用。

(4) 整体轧制异型刚罐道由整体轧制的异型型钢组成。它除具有型钢组合罐道的优点外，无需加工制作，罐道自重轻。20 世纪 70 年代以后国外已广泛采用。

柔性罐道 又称钢丝绳罐道。利用钢丝绳作提升容器运行的罐道。柔性罐道的特点：①井筒内不设置罐道梁，罐道绳的两端在地面利用井架、在井底利用专用装置予以固定和拉紧，因而安装方便，节约材料；②提升容器运行摆动较大，需要较大的井筒断面，中国只有在小煤矿或特殊情况下才予以采用，而法国、瑞典、德国、波兰等采用较多。

钢丝绳罐道要求钢丝绳表面严密、平滑、有效表面积大、耐磨性好、抵抗横向力的刚度和抗扭弹性模数高、伸缩性小。中国使用的罐道绳主要有普通钢丝绳、密封钢丝绳和半密封钢丝绳三种。其中以密封钢丝绳和半密封钢丝绳使用最为广泛。

(陈同伦)

guandaoliang

罐道梁 (bunton) 为固定刚性罐道，沿立井井筒纵向每隔一定距离安设的横梁，简称“罐梁”。

按材质分为木罐道梁、钢筋混凝土罐道梁和金属罐道梁。罐道梁与井壁之间刚性连接，其连接方式有埋入固定式、井壁内预埋钢板固定式、砂浆锚杆或树脂锚杆固定式。

罐道梁层间距同罐道的结构形式、单根长度、提升容器的终端荷载及其运行速度等因素有关。层间距越大，井筒装备的材料用量越少，罐道受力状况越不利。因此，罐道梁层间距的选取既要最大限度节省材料，又要满足罐道、罐道梁在各种受力状态下的强度要求。中国采用木罐道时，罐道梁层间距为 2m 或 3m；钢轨罐道时，层间距为 4.168m 或 6.25m；型钢组合罐道、整体轧制型钢罐道时，罐道梁层间距为 4m 或 6m。

(1)木罐道梁由强度较大的致密木材制作而成，截面为矩形。它强度低、易腐蚀、使用年限短，20 世纪 70 年代以后在中国已很少采用。

(2)钢筋混凝土罐道梁由钢筋混凝土预制而成，截面为矩形。它耐久性和耐腐蚀性好，但自重大，安装、更换不方便，抗震性能差。20 世纪 70 年代以后在中国已很少采用。

(3)金属罐道梁具有强度大、使用期限长，占用井筒断面小等优点，国内外煤矿中使用最广泛。常用的金属罐道梁有：工字钢罐道梁、型钢组合罐道梁、整体轧制闭合形空心断面罐道梁和金属悬臂梁。工字钢罐道梁结构简单，加工安装方便，在采用木罐道作为断绳支承构件时，罐道梁承受垂直向下断绳制动荷载，受力合理；在采用钢轨罐道、型钢组合罐道和整体轧制罐道的井筒中，罐道梁主要承受提升容器运行过程中作用在罐道正面和侧面的水平力，而工字钢罐道梁侧向抗弯能力过小，受力不合理。型钢组合罐道梁用槽钢或角钢焊接而成，断面为空心闭合形，侧面抗弯能力大，在罐道梁主要承受水平力作用时，受力合理。并且单面锈蚀，在同等锈蚀条件下，寿命比工字钢增加一倍，但加工制作工作量大。整体轧制闭合型空心断面罐道梁，不仅具有型钢组合罐道梁的优点，而且克服了它加工制作工作量大缺点，是一种理想的罐道梁，在国外被广泛采用，在中国应用较少。悬臂梁也叫托架，由钢板或钢板与型钢焊接制作，梁的一端固定在井壁上，另一端与罐道联接。该梁加工、安装复杂。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册上册》煤炭工业出版社，1984。
史天生，《立井井筒装备》煤炭工业出版社，1981。

(陈同伦)

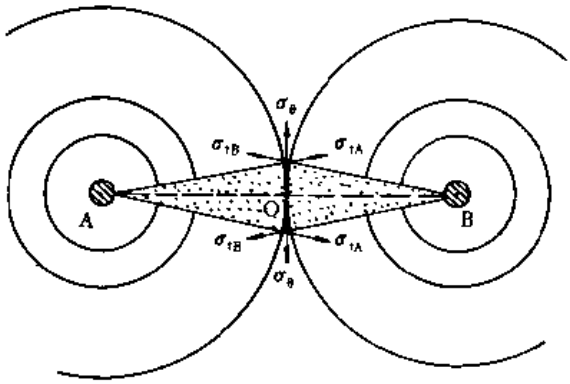
guangmian baopo

光面爆破 (smooth blasting) 简称光爆。爆破后的岩体轮廓面成型规整、围岩稳定、无明显炮震裂缝的控制爆破技术，从而使得在井巷掘进、露天台阶爆破、基坑、路堑开挖等工程中能减少超、欠挖、保持围岩，边坡的稳定和施工安全，并节省工程费用。

光面爆破理论 光面爆破的要求是使开挖轮廓线

上的炮孔或井巷断面周边上的炮孔爆破后刚好产生炮孔之间的贯穿裂缝，而又不造成保留岩体的破坏。为揭示炮孔间贯穿裂缝的成缝机理，目前有应力波叠加、爆生气体准静压力作用、应力波与爆生气体综合作用三种理论。

应力波叠加理论认为，相邻炮孔同时起爆时，各孔爆炸产生的压缩应力波以柱面波的形式向四周传播，在每个炮眼周围的岩体内，沿应力波传播方向产生径向压力，而在应力波的切线方向上产生拉应力，当两波相遇后，在垂直于两炮眼连心线上的拉应力产生叠加，当合成拉应力超过岩石极限抗拉强度时，两炮眼中间首先产生裂隙，然后沿连心线向两个炮眼方向发展，最后形成断裂面，见图。该理论由美国杜沃尔（W. I. Durall）等人首先提出的。



应力波叠加形成拉伸应力图

爆生气体准静压力作用理论认为，爆生气体的准静压力作用是产生贯穿裂缝的主要原因。光爆炮眼的装药是不耦合装药，起爆后，爆生气体在炮眼内首先对炮孔壁作用产生几条径向裂隙，并在炮眼内保持一个准静压力场，在两炮眼连心线上产生很大的切向拉应力，而在连心线与炮眼壁相交处产生很高的拉应力集中。炮眼间距适合时，在炮眼壁上应力集中处将首先在爆生气体作用下裂缝沿连心线延伸，最后形成具有一定宽度的贯通裂缝。该理论由瑞典兰格福斯（U. Langlfors）和日本的伊藤一郎提出。

应力波和爆生气体综合作用理论认为，炮眼装药爆炸后，应力波的主要作用是在炮眼本身和相邻炮眼周围产生一些径向微裂隙；而爆生气体在炮眼周围和两炮眼之间形成准静应力场，该应力场使径向裂隙进一步发展而贯通。相邻炮眼起爆时差不同，应力波和爆生气体压力作用情况也不同，当两孔同时起爆或极短时差起爆，光爆效果最好，这一理论，比较全面地分析了裂隙从眼壁产生并沿连心线扩展贯通的过程和原因，比较符合实际情况。提出这一理论的是南非的布郎和美国的库特等人。

光面爆破标准 ①平均线性超挖量≤100mm；②壁面光滑，凸凹度在50mm左右；③炮孔痕迹的保存率≥50%，并较均匀地分布；④不应出现欠挖，特别在坚硬岩石中；⑤最大线性超挖量≤250mm；⑥围岩内原有裂隙没有扩展并保持了原围岩的稳定程度。

光面爆破参数 光面爆破是在密集炮眼法、龟裂爆破法的基础上发展起来的，主要技术途径是采用炮眼不耦合装药、合理的眼间距和抵抗线以及同时起爆来实现的。光爆参数有：①装药不耦合系数（炮眼直径与装药直径的比值）应使炮孔压力低于炮孔岩壁动抗压强度而高于动抗拉强度，通常采用1～3.0，其中1.5～2.5用得较多；②炮孔间距（E）一般取炮孔直径的10～20倍，在裂隙比较发育的岩石中应取小值，整体性好的岩石中可取大值；③最小抵抗线（W）一般应大于或等于孔间距；④炮孔邻近系数（周边孔间距与抵抗线的比值m），当$m=0.8\sim1.0$时，爆破后的光面效果较好，硬岩中取大值，软岩中取小值；⑤线装药密度（指单位长度炮孔的装药量），软岩中一般为70～120g/m，中硬岩石为100～150g/m，硬岩150～250g/m；⑥起爆间隔时间。在实施光面爆破时，起爆间隔时间愈短壁面平整的效果愈佳，相邻炮孔的起爆时间间隔不应大于100ms。

现状与发展 光面爆破技术起源于瑞典，20世纪50年代瑞典开始了研究应用小直径、低爆速药卷的光面爆破技术，兰格福斯（U. Langefors）等人首先在实验室进行了模型试验，研究了装药密度、爆破时差、最小抵抗线等光面爆破参数，并在地下隧道中进行试验，获得了岩壁平整的光爆效果，随后又研制了专用炸药。挪威、美国、加拿大、英国、苏联、日本、澳大利亚等国先后也研制推广和发展了光面爆破技术。

中国铁路、冶金、水电、煤炭等部门在20世纪60年代中期，特别是70年代初期，专门成立科研小组在各种岩石的井巷和硐室中试验，配合推广锚喷支护和机械化快速掘进技术，对光爆理论、技术和炸药进行了研究、大力推广，产生极大的经济效益。

参考书目

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1990。

R·吉斯塔夫松著，齐景鑫等译，《瑞典爆破技术》，中国铁道出版社，1978。

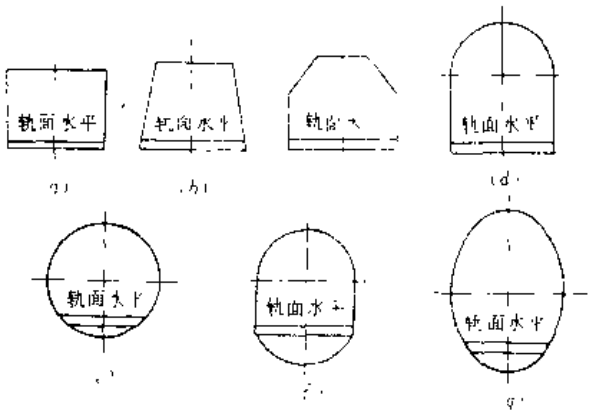
（刘清泉　张金泉）

H

hangdao

巷道 (roadway, drift) 服务于地下开采，在岩体或矿层中开凿的不直通地面的水平或倾斜通道。用于运输矿物、矸石、人员、设备器材以及通风和敷设管线。

断面形状 矿井中使用的巷道断面形状有：矩形、梯形、多角形、拱形、圆形、封闭拱形及椭圆形等，见图，经常使用的是梯形和拱形两种。按其断面形状轮廓线可以归纳为折边形和曲边形两类。



巷道断面形状

a—矩形；*b*—梯形；*c*—多角形；*d*—拱形；*e*—圆形；*f*—封闭拱形；*g*—椭圆形

巷道断面形状根据巷道所处位置及围岩的物理力学性质、矿山压力分布及大小、巷道服务年限及用途、支护方式和支架材料等因素合理确定。在稳定、较稳定的岩层中，掘进断面小，选用木材或装配式钢筋混凝土支架时，多为梯形或矩形断面，断面较大时，可用多角形；在不稳定、地压大的岩层中，或服务年限长的开拓巷道，使用混凝土、砖石或金属弧形支架支护时，多为拱形断面；当巷道的围岩特别松软或底鼓十分严重时，可采用带反拱的封闭拱形、椭圆形或圆形断面。中国常用的拱形巷道断面形状是三心拱或半圆拱形。

断面尺寸 巷道必须满足行人、运输、通风、设备和安全设施安装、施工和检修的需要，并符合《煤矿安全规程》中的有关要求。

设计巷道断面时，需要确定的主要尺寸是巷道的净宽、净高（拱形巷道的拱高和壁高）、支架参数和道床参数等。

巷道的净宽度主要取决于运输设备宽度、人行道宽度和相应的安全间隙。计算公式为：

$$B=a+b+c \tag{1}$$

式中 B 为巷道净宽度，mm；a 为非人行侧安全间隙，mm；b 为运输设备最大轮廓宽度，mm；c 为人行道宽度，mm。

无运输设备的巷道可根据通风及行人的需要来选取。巷道内人行道的宽度和相应的安全间隙在《煤矿安全规程》中有明确的规定。

巷道的净高主要由人员行走的方便和运输的安全来确定。计算公式为：

$$H=h_3-h_b+h_0 \tag{2}$$

式中 H 为巷道净高度，mm；h_3 为墙高（梯形巷道的设备顶高度），mm；h_b 为道渣面高度，mm；h_0 为拱高（梯形巷道设备顶到顶梁高度），mm。

拱形巷道从巷道底板到拱基线的高度（即直墙高）和壁高是依据拱高、人行道高、电机车架线的高度以及安装管线的要求等条件来确定。根据这些条件计算后，选取其中最大值作为壁高。而拱高（拱顶高）则根据提供的几何图形来确定，半圆拱为巷道宽度的 1/2，三心拱一般为巷道宽度的 1/3，有些则采取两者结合的形式取巷道宽度的 2/5，使用效果良好。

巷道支架参数，指木材支架的坑木直径、钢筋混凝土支架的顶梁断面高度和架腿断面高度、石材砌筑巷道的拱厚和壁厚、锚喷支护的锚喷厚度等，并需考虑支护的最大允许变形。

巷道的道床参数，系指巷道采用的钢轨型号、道渣高度、道床总高度等，同时根据巷道通过的排水量布置水沟及水管、压气管、注浆管、电力电缆、通讯电缆等。

井下巷道都起通风作用，通过的风量按需要确定，风速过大，会扬起煤尘，影响工人健康和生产效率，而且会引起煤尘爆炸，为此，各种巷道的允许风速要符合《煤矿安全规程》的规定，并留有余地。

巷道断面的确定涉及技术、经济等很多因素，最佳断面往往需用计算机优化计算。

分类 按巷道所处层位可分为煤巷、煤－岩巷(半煤岩巷)、岩巷；按功能可分为开拓巷道、准备巷道、回采巷道；按其巷道长轴方向是否带有坡度可分为平巷、斜巷；按其安装不同设备和用途又可分为带式输送机巷、轨道巷、回风巷等。

煤巷 在掘进断面中，煤层面积占全部或绝大部分（一般大于4/5）的巷道。一般煤层较软，掘进煤巷速度快、效率高、成本低，能简化运输系统和装载环节，容易实现掘进综合机械化，但煤巷易受动压影响、地压大，维护较困难。煤巷设计时要考虑以下因素：①分析巷道所在煤层的条件（深度、厚度、强度）、顶底板岩性、含水性等，使煤巷处于最佳维护部位(沿顶、沿底、挑顶或卧底)；②应视煤巷维护要求，留设相应宽度的煤柱，使巷道免受回采工作面开采时的动压的影响破坏；③煤巷支护，中小型矿井静压为主的巷道可使用棚式支架（木支架、预制装配式钢筋混凝土支架、金属刚性支架）、石材支架（料石砌碹、混凝土砌碹）、锚喷支架等，大型矿井、深井受动压影响的巷道，可采用锚喷支护、锚喷联合支护方式，围岩与煤帮不稳定的巷道宜采用挂网锚喷，顶压比较大可采用锚梁网支护，地压较大、服务年限长的大巷可采用锚喷或锚梁与型钢联合支护，受回采动压影响的轨道巷可采用锚杆支护(如煤层较松软亦可喷浆，靠采面一侧用木锚杆)，在靠近采煤工作面100～300m动压影响范围内架设可缩性型钢支架，而运输巷则宜全长使用型钢支架，以免倒装支架时影响运输和生产；④由于沿煤层布置的巷道起伏不平，水沟已不能适应巷道排水的要求，必须采用管道排水方式，对有自然发火危险的煤层大巷必须按照有关安全规程的要求进行喷浆封闭(或注洒阻化剂)避免煤层氧化自燃，在煤和瓦斯突出的矿井需要采取抽放或放炮松动等防止突出措施。

岩石平巷 简称岩巷。在掘进断面中，岩石面积占全部或绝大部分（一般大于4/5）的巷道。岩巷掘进比煤巷困难，劳动强度大、施工速度慢、不易实现综合机械化，但维护方便。岩巷设计时要充分考虑围岩的稳定性，当围岩应力超过围岩强度时，围岩便开始破坏，故要使巷道处于稳定状态，必须利用、提高围岩强度与控制围岩应力：①将巷道位置选在比较坚硬的均质岩体中，避开松软岩层和断层破碎带，采用先进的掘进工艺，减少对巷道围岩的震动与破坏，巷道掘进后及时进行支护，以提高围岩强度和充分发挥围岩的自支承能力，必要时可采取注浆法，提高岩体弱面强度来加固围岩；②要选用合理的断面形状减少应力集中，尽量减少采动影响，两条巷道之间，保留一定宽度的岩柱，避免两条巷道的应力迭加而造成围岩应力的升高。

煤－岩巷 又称半煤岩巷。在掘进断面中，岩石或煤所占面积介于岩巷和煤巷之间的巷道，其采石位置有挑顶、卧底及挑顶卧底，选择具体位置时，应综合考虑生产要求、便于维护和施工等因素。多数情况采用卧底不采用挑顶，以保证顶板的稳定性。采区运输巷和沿煤层开掘的采区上山，一般均采用卧底，只有煤层上部有假顶时，才将假顶挑去。采区回风巷兼有向回采工作面运料的功能时多采用挑顶。

开拓巷道 为井田开拓而开掘的基本巷道。如井底车场、运输大巷、石门、总回风巷等。

准备巷道 为准备采区而掘进的主要巷道。如采区上、下山，采区车场等。

回采巷道 又称采煤巷道。形成采煤工作面及为其服务的巷道，如开切眼、工作面运输巷、工作面回风巷等。习惯上常将回采巷道与准备巷道统称为采准巷道，采准巷道在矿井巷道中占有很大比重，改善采准巷道维护状况，对降低矿井材料消耗、减少维护费用、保证正常生产具有重大意义。采准巷道受采动影响，巷道压力大，围岩变形速度快，应采用可缩量较大的金属可缩性支架和起加固围岩作用的锚喷支护。顶板较稳定的准备巷道可采用普通金属支架和木支架，甚至钢筋混凝土支架。采准巷道在条件允许时，可待上山全部或部分掘完后再行施工，以探明采区内地质情况，如有断层，可根据断层位置来决定采区中巷的位置，使采区布置更加合理。新建矿井，采准巷道的完工期限，要与矿井建设总工期密切配合，避免过早完工造成闲置时间过久，增加维护费用。

水平巷道 简称平巷。近于水平的巷道。设计时要有一定的坡度以适应运输和流水的需要。大巷采用架线式电机车运输时，坡度一般为3‰～5‰，但不能小于3‰；运输中巷采用胶套轮机车运输时，坡度可达10‰，采用小绞车重车下放时，坡度可为13‰～15‰，平巷水沟坡度过小，不能保证足够的水流速度，会引起泥沙污物在水沟内过多的沉淀。

倾斜巷道 简称斜巷。有明显坡度的巷道。为本水平或采区服务的倾斜巷道，位于开采水平以上称上山，位于开采水平以下称下山。为一个采区服务的称为采区上(下)山，为一个水平或两个以上采区服务的称集中上（下）山。

发展简况 中国在20世纪50年代，受生产能力及采煤工艺等方面影响，巷道断面较小，多数巷道置于煤层中、采用木材支架支护，也有用料石砌碹或装配式钢筋混凝土支架的，少数用金属刚性支架。随着矿井和采区生产能力提高，为使生产集中化和改善巷道维护条件、减少维护费用，60年代将开拓和大部分采准巷道转移到围岩中布置，多数在底板岩石中，如岩石大巷，岩石集中上山，岩石集中巷等。70年代末期，随着综合机械化采煤技术的应用和推广，采区尺寸和巷道断面加大，采煤工作面推进速度和产量大幅度提高，煤巷综合掘进机组的推广应用，发展无煤柱护巷技术、巷旁充填系统，使煤巷掘进速度加快，费用降低，维护条件明显改善。由于煤巷比岩巷更能适应综采快速推进的需要，因此要求多做煤巷少做岩巷，这同时也有利于缩短矿井建设工期，节省投资和改善环境。1990年8月中国统配煤矿总公司基建局召开的《矿井开拓部署改革研讨会》对此提出了具体的意见：采区中巷一般均沿煤层布置，不做岩石中巷；单一中厚煤层（含单一开采的厚煤层）或薄煤层，一般均沿煤层布置上（下）山；开采煤层群时，也宜沿煤层布置上（下）山，若采用岩石上（下）山，应根据煤层层数、煤层间距、是否分组、巷道用途和采区内同时开采工作面个数等因素，进行技术经济比较；主要运输大巷和总回风巷在符合条件时，亦应布置煤层大巷。

中国具有多种多样的煤层地质条件，逐步形成了以锚喷和锚喷联合支护为主的支护方式，取得了很好的效果，沿空送（留）巷技术，壁后充填技术得到了很快的发展和推广。美国由于以开采中厚煤层为主，且深度居中（200～300m左右），地质构造简单，煤层与围岩比较稳定，采用全煤巷开拓，多煤巷掘进，全部采用锚杆支护（不喷浆），并以宽煤柱护巷，具有速度快、成本低、易维护的优点。德国矿井较深，地质构造及煤层与围岩条件均较复杂，以采用重型U型钢可缩支架为主，并在支架壁后加以充填，也获得了良好效果。

参考书目

中国矿业学院等编，《井巷工程》，煤炭工业出版社，1980。
淮南矿业学院，《井巷设计》，煤炭工业出版社，1983。

（王升鸿）

hangdao diya

巷道地压 (ground pressure of roadway) 巷道围岩变形或破碎作用在支架上的压力。按支架受力部位不同，分顶压、侧压和底压。按产生地压的性质分为散体地压和变形地压两种。

散体地压 围岩破碎、松脱引起膨胀和自重作用在支架上的压力。在不能自稳的岩层中开挖巷道后，任其冒落，达到一定限度时终将呈某种拱形稳定下来，称为自然冒落拱。1907年俄国学者普罗托季雅科诺夫（M. M. Протодьяконов）以及之后的美国学者太沙基（K. Terzaghi）在研究拱效应基础上，分别提出松散体地压中顶压、侧压的计算方法和公式。这些地压公式对地下工程有着重要影响，某些内容至今仍有一定的使用价值。

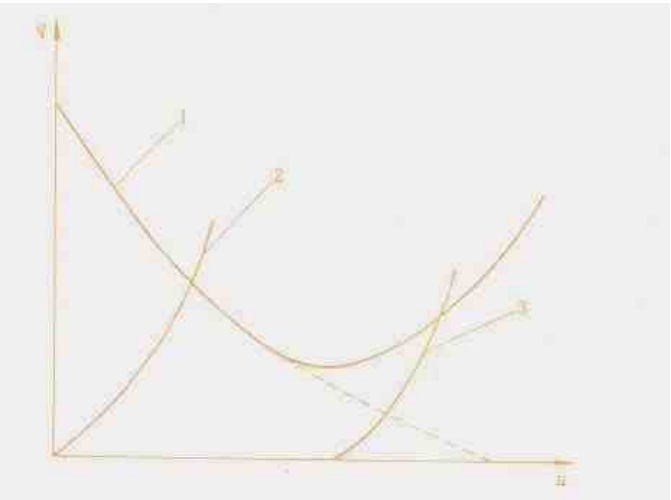
变形地压 巷道支护后的围岩继续变形作用在支架上的压力。它的大小和方向由围岩与支架共同作用，共同变形确定。一般说，围岩变形是在支架阻抗作用下的变形；支架压力是围岩变形所产生的压力。两者密切相关、互相制约。1951年卡斯特奈（H. Kastner）推导出原岩应力为二向等压，巷道断面为圆形，支架密贴等变形地压解析表达式为：

$$P=(P_0+c\ \mathrm{ctg}\varphi)(1-\sin\varphi)\left(\frac{r_0}{R}\right)^{\frac{2\sin\varphi}{1-\sin\varphi}}-c\cdot\mathrm{ctg}\varphi$$

式中P_0为原岩应力；r_0为圆形巷道掘凿进半径；R为破裂（塑性）区半径；c、φ分别为围岩的粘结力和内摩擦角。

该式揭示了变形地压的一般规律：①原岩应力越大（巷道越深）地压越显著；②巷道断面越大，地压越大；③岩性好则地压小，反之地压则大；④不支架，破坏区将扩大，支架能阻止破坏区的进一步发展等。这一关系又表示成地压——围岩位移曲线，即"围岩特性曲线"和"支架特性曲线"。两曲线的交点表示为围岩与支架共同作用的工作点，见图。图中q为地压、支架反力，u为围岩位移。

围岩特性还应考虑岩石的流变性能、地下水及暴



围岩与支架关系曲线
1—围岩特性曲线；2—刚性支架特性曲线；
3—柔性支架特性曲线

露后风化的影响，在受到毗邻井巷开凿、特别是开采的静、动力影响时，围岩与支架共同作用随时间而变化，一般只能进行定性描述。

巷道地压实测分直接测量和间接测量两类。前者用压力传感器直接测得岩面与支架间的压力大小和变化；后者测量围岩表面、围岩内部或支架的收敛位移量，直接作为衡量巷道地压的标准，无需换算成地压。这两种测量方法在井巷施工中应用十分广泛，同时为改进支架结构、改善维护状况提供依据。

（吴根业）

hangdao gongzuomian diaoche

巷道工作面调车 （car switching on roadway face） 在矿车运输的巷道工作面进行空、重车交换的作业，是巷道掘进运输工艺的重要组成部分。调车时间的长短，直接影响装载设备工作效率和巷道掘进的速度。

调车方式可分为单车调车和串车调车。调车设施有简易道岔、浮放道岔、翻框式调车器、移动式调车盘、转载机等。调车方法有单轨巷道调车和双轨巷道调车。

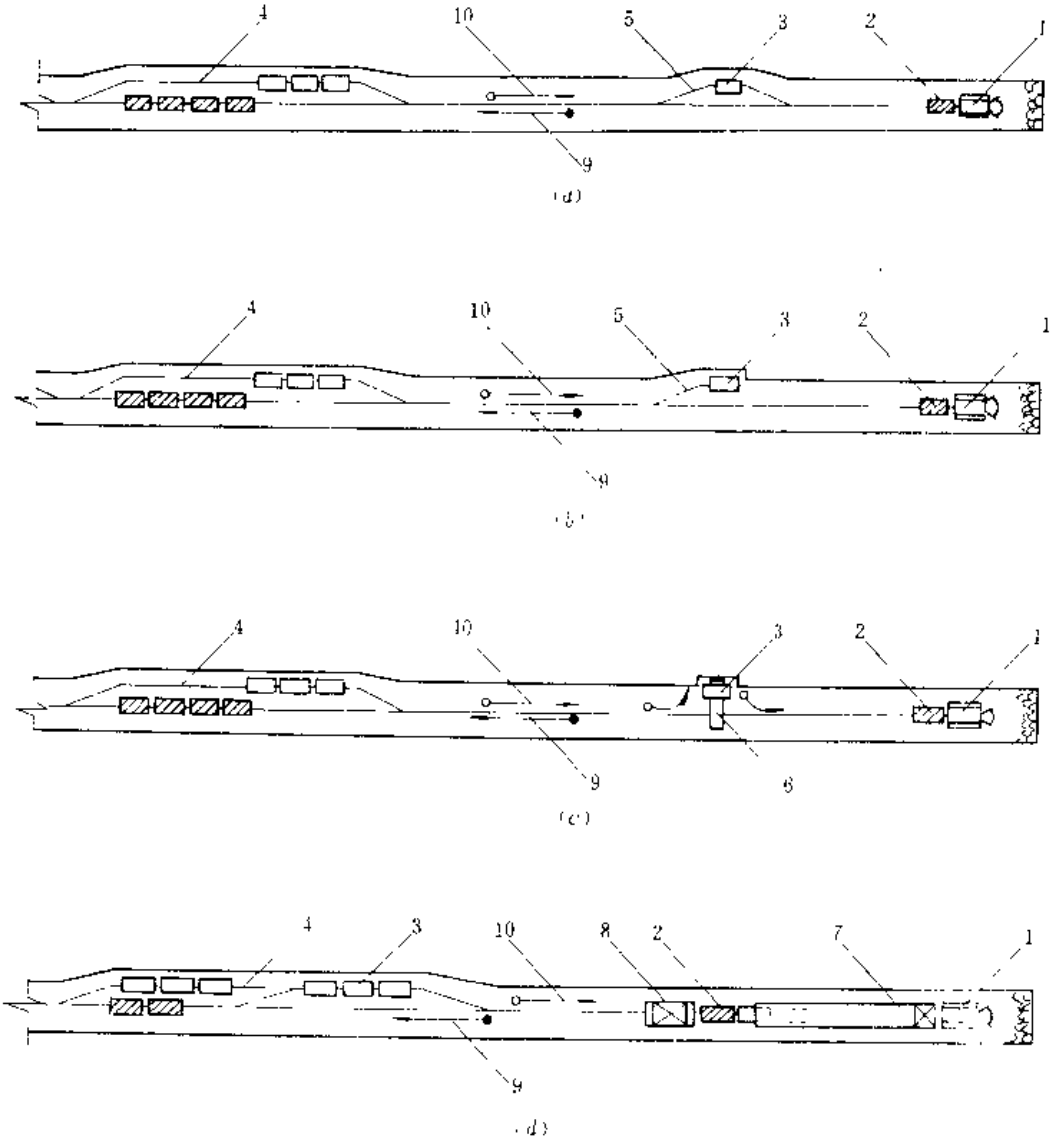


图 1 单轨巷道调车方法

a—环形错车场调车；*b*—单侧尽头式错车道调车；
c—翻框式调车器调车；*d*—电机车转载机调车
1—装岩机；2—重车；3—空车；4—存车场；5—错车场；6—翻框式调车器；
7—转载机；8—电机车；9—重车运行方向；10—空车运行方向

单轨巷道常用的调车方法（见图1）。(1) 环形错车场调车，通过位于装载设备后面的环形错车场进行巷道工作面调车，环形错车场由临时道岔或浮放道岔组成，随工作面向前推进而前移，作为存放空车之用。当工作面矿车装载时，由存车场推出空车存放在错车场内，在工作面矿车装满推出后，即从错车场推出空车进入工作面进行装载，形成空重车周转。(2) 单侧尽头式错车道调车，与环形错车场比较，可以减少铺设错车场时间和工程量，其调车方法与环形错车场相同。(3) 翻框式调车器调车，一般将翻框式调车器设于装载设备后 3～5m，其活动盘置于轨道上，固定盘位于巷道一侧方木上，当矿车在工作面装载时，从存车场将空车推到调车器活动盘滑车板上，通过滑车板将空车存放于固定盘上，抬起活动盘。工作面重车推出后，下放活动盘，将空车连同滑车板一起推到活动盘上，将空车推下滑车板送到工作面进行装载，再从存车场推来空车，存放于固定盘上，如此往复循环调运。(4) 采用电机车、通过转载机联合调车，将多辆空车推到转载机下，通过

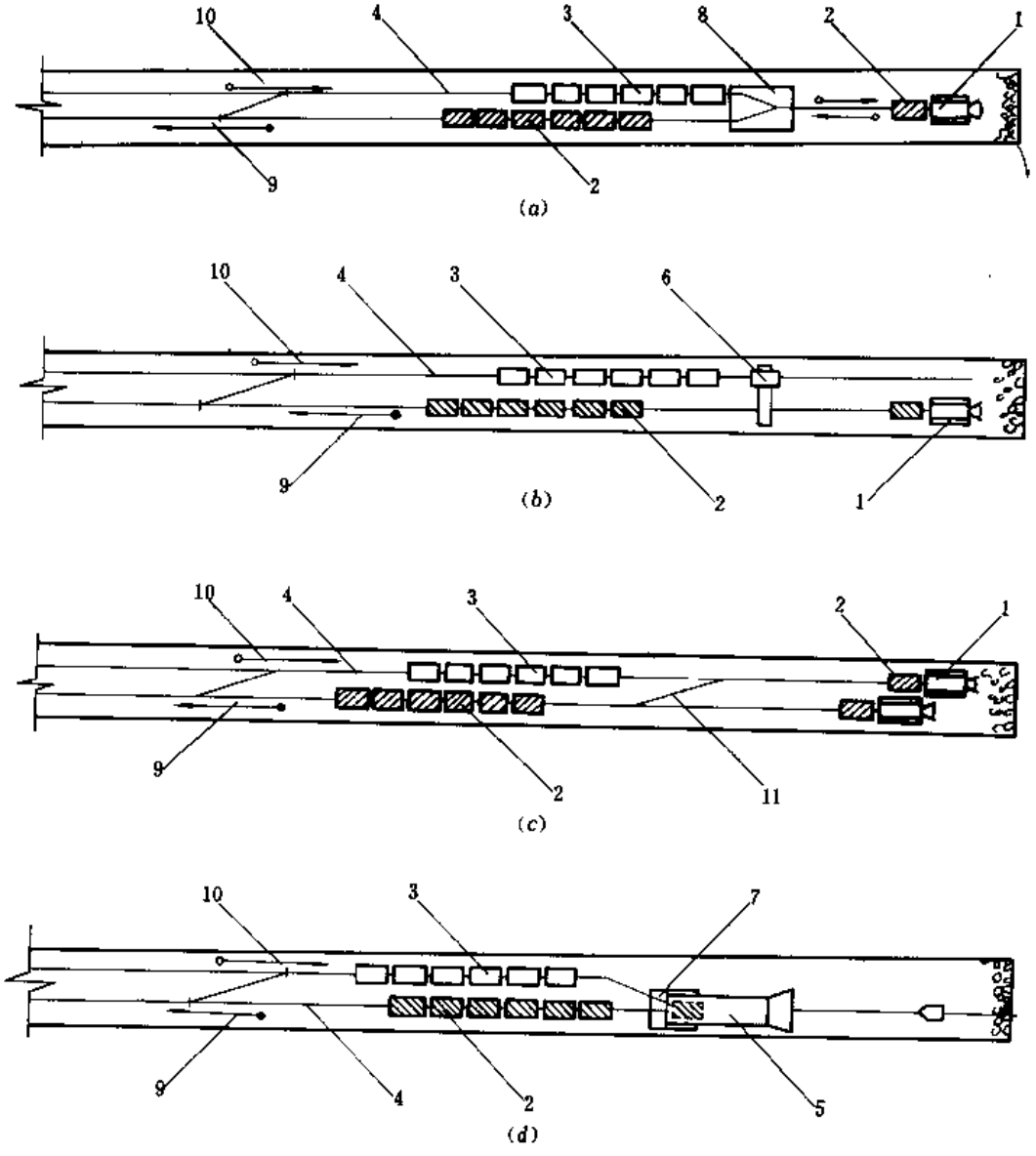


图 2　双轨巷道调车方法

a—对称道岔调车；b—翻框式调车器调车；c—渡线道岔调车；d—调车盘调车

1—装岩机；2—重车；3—空车；4—存车场；5—耙斗；6—翻框式调车器；7—调车盘；8—浮放道岔；9—重车运行方向；10—空车运行方向；11—简易或浮放渡线道岔

电机车推拉、实现连续装车。带式转载机有支撑式和悬吊式两种，这种调车方法，连续装车数量可用下列公式计算：

$$X=2n-1$$

式中 X 为连续装车的矿车数；n 为转载机下可容纳的矿车数。

双轨巷道常用的调车方法（见上页图2）。(1) 对称道岔调车，当工作面采用单机装载时，可在装载机后面双轨前端铺设简易或浮放对称道岔，并随工作面推进而向前移动，空重车通过对称道岔进出工作面，实现空重车单车交换。(2) 渡线道岔调车，是在装载设备后双轨轨道上铺设简易或浮放渡线道岔，并随工作面推进而向前移动。当双机装载时，空车直接或通过渡线道岔送到工作面进行装载，重车可直接或通过渡线道岔进入重车线。(3) 翻框式调车器调车，是用翻框式调车器扣放在装载机后双轨轨道上，利用滑车板平行移动空重车，实现空重车交换。(4) 调车盘调车，调车盘是与耙斗装岩机相配套的调车设施，调车时用气动绞车将一列空车拉到调车盘附近摘钩，再逐辆推到调车盘上，用短缸将空车推到耙斗机卸矸口进行装载，用长缸将重车推向重车线。

为了缩短调车时间，发挥装载设备的效能，提高巷道掘进速度，通常采取减少调车距离，缩减调车时间；采用转载设备，增加每次调车数量；利用电机车、调度绞车等设备提高矿车运行速度；增加矿车容积等措施。

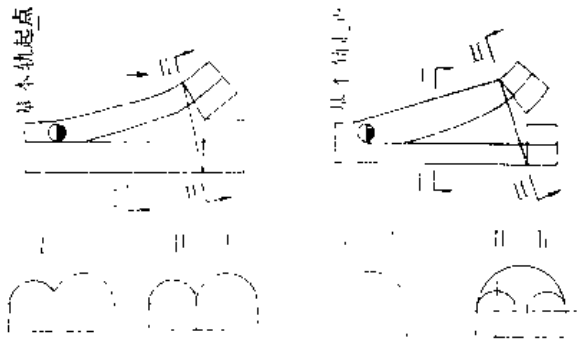
（许　义）

hangdao jiaochadian

巷道交岔点　(roadway junction)　巷道的交叉或分岔处。

按交岔点断面结构分为穿尖交岔点和牛鼻子交岔点两种形式。①穿尖交岔点见图(a)，两条巷道交叉时，保持各自的断面自然相交，形成两巷双拱的渐变跨度，而以跨度较大的巷道断面为主体，顶板由两巷组合拱支撑。它工程量小、施工简单方便、通风阻力小，但拱部支撑能力较牛鼻子交岔点小。适用于围岩稳定、跨度较小的巷道。②牛鼻子交岔点见图(b)，拱高随交岔点跨度加大而相应的增高，两条巷道相交部分共同合成渐变跨度和相应拱高的新断面，在最大断面处的跨度由相交两条巷道宽度加墙柱（牛鼻子）宽度组成。与穿尖交岔点相比，施工较复杂，但结构承力条件好，适用于各类岩层和大跨度巷道。

交岔点主要分直线单开式、对称分岔式两种：直线单开式交岔点主要用于直线巷道，采用单开道岔向一侧分岔；对称分岔式交岔点主要用于对称道岔向两侧同时分岔。



巷道交岔点的形式
a—穿尖交岔点；b—牛鼻子交岔点

交岔点的尺寸按道岔型号、轨道曲率半径、巷道断面规格、管线布置要求等因素计算确定，其长度计算一般从道岔基本轨起点或巷道相交跨度开始增宽处，至两分岔巷道外 2m 处止。

交岔点的断面形状一般与其相连接的巷道一致，由于断面较大，常用半圆拱或三心拱断面，料石或混凝土砌碹，当围岩松软时可用马蹄形断面，底压也较大时用椭圆形或圆形封闭断面。

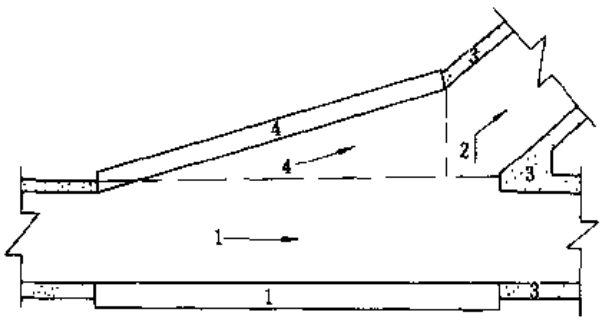
（孙恩棠　袁孔华）

hangdao jiaochadian shigong

巷道交岔点施工　(roadway junction construction)　巷道交叉或分岔处一段工程的掘进与永久支护作业。巷道交岔点有牛鼻子交岔点和穿尖交岔点两种。牛鼻子交岔点承压能力强、应用广，但断面大且变化多、工程量大、施工复杂；穿尖交岔点断面小且变化少、工程量小、施工简单，但承压能力小，主要用于围岩稳定的条件下，根据相交或分岔巷道坡度、倾角和相互间位置的不同，交岔点又可分为平面、斜面、立面等型式。斜面交岔点带有倾角，较平面交岔点施工难度大；立面交岔点施工时，侧墙高、岩帮暴露面积大、易片帮，施工安全问题突出。

交岔点的施工方法，主要根据围岩稳定性、断面大小、掘进方向以及施工技术和设备等因素选定。平面牛鼻子交岔点施工方法有三种：①在稳定性岩层中一般选用全断面施工法，从交岔点起点掘至岔口处，再向主巷和支巷分别掘出 2m，随掘随进行锚喷永久支护。②在稳定性较差的岩层中，采用先掘砌好牛鼻子墙柱，再二次刷砌成巷的施工法，该法既可从主巷向支巷正向施工也可从支巷向主巷逆向施工。前者先将主巷掘过

岔口 2m，同时将交岔点靠主巷的一侧边墙砌好，再以小断面横向掘出岔口和 2m 支巷，将牛鼻子柱墩及两巷口各 2m 处的拱、墙砌好，再沿主巷内侧正向刷砌扩大断面段，直至封顶，最后挖掘中间岩柱（见图）。从



先掘砌牛鼻子柱墩再刷砌扩大断面的施工顺序

支巷向主巷逆向施工，其施工方法与上述基本相同。③在稳定性极差的松软岩层中，不允许一次暴露的围岩面积过大，可采用导硐施工法。先以小断面导硐将交岔点各巷口、柱墩、边墙掘砌好后，从主巷向岔口方向挑顶砌拱，待交岔点刷砌好后，最后用放小炮的方法除掉中间的岩柱。

交岔点采用混凝土或料石碹支护时，一般应从上巷向岔口方向进行刷大与砌碹，最后在岔口处封顶。交岔点砌碹立胎，应从交岔点起点开始，依据断面变化编号顺序进行。砌碹前应采取必要的临时支护措施。

参考书目

沈季良等主编，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1986。

中国矿业学院主编，《井巷工程》，煤炭工业出版社，1984。

（程隆教　张和林）

hangdao jinshu zhijia

巷道金属支架　(roadway metal support)

用金属材料做成的杆件式支架。煤矿一般采用矿用工字钢或 U 型钢金属支架。矿用工字钢与普通工字钢相比，厚度大、翼缘宽，单位长度重量几乎是同样高度普通工字钢的 3 倍，加工的支架构件占用巷道断面小，承载能力大。矿用工字钢翼缘加宽是考虑地下荷载的复杂性，除了主要承受垂直于翼缘的荷载外，还必须承受平行于翼缘的荷载，两个方向的抗弯能力之比，普通工字钢大于 5，矿用工字钢则小于 4。为了制作可缩性金属支架，还生产了矿用 U 型钢。它不仅具备矿用工字钢特点，而且两个方向抗弯能力之比接近 1。

刚性金属支架　由一根顶梁和两根立柱构成的梯形支架，是金属支架最简单的形式。当荷载较大时，应作成拱形或马蹄形支架，必要时底部增设构件，形成封闭式支架。

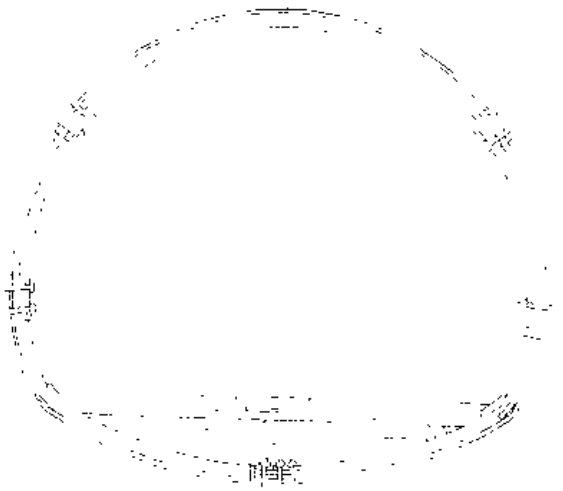
支架构件之间常采用搭接或螺栓、卡箍等连接方式，搭接属铰链连接，不能承受弯矩，其余为刚性连接。金属支架支撑围岩，阻止围岩变形，而它的位移又受围岩阻挡，因而自由度小于地面金属结构。如梯形支架在地面为不稳定结构，而在地下则为稳定结构，当一侧受压时，另一侧产生反力与之平衡，使受力均匀。因此可以适当增加支架铰接点数量，充分利用围岩反力，维持其稳定性和增强承载力。

支架之间用拉杆联接，以保持其在巷道轴线方向的稳定性。支架与围岩之间铺设金属网或波纹板，并用碎渣或其它材料充填，使支架及时支撑围岩和均匀受载。

可缩性金属支架　又称柔性支架，使用可缩性材料或（和）结构，在地压作用下能适当收缩而不失去支承能力的支架。当巷道围岩变形量较大时，采用刚性支架会因变形量过大而破坏，失去承载能力，此时应采用可缩性支架，见图。它采用一种特殊结构，能在构件内力接近强度极限值时，通过缩短构件的长度，卸除部分因变形引起的荷载保持支架完好，使巷道维持正常使用。可缩支架应具有高初撑恒阻的性能而架设之初就具有很高的支撑力，在构件缩短过程中仍保持恒定的支撑力，一方面利用金属材料的强度阻止周围岩体变形，另一方面又在被迫变形时保护构件不致损坏。

参考书目

煤炭工业部生产司编，《巷道金属支架系列》，煤炭工业出版社，1987。



可缩性金属支架

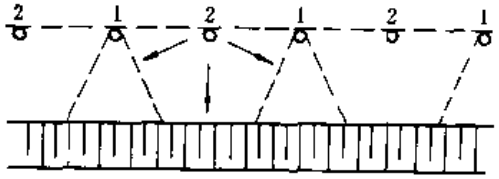
（华安增）

haomiao baopo

毫秒爆破 (millisecond blasting) 相邻炮眼或药包群之间的起爆时间间隔以毫秒计的延期爆破。毫秒爆破的特点是：使爆破地震效应和空气冲击波作用降低；增大一次爆破量而减少爆破次数；爆落的矿岩块度均匀；爆堆比较集中，有利于提高铲装生产率；在有瓦斯和煤尘爆炸危险的矿井也可实现全断面一次爆破，缩短爆破和通风时间。

露天台阶爆破、地下深孔爆破、井巷掘进和回采工作面采煤爆破都广泛采用毫秒爆破。中国煤矿安全规程规定在煤矿的采掘工作面采用毫秒爆破的总延期时间不得超过 130ms。

毫秒爆破原理 主要有块体碰撞假说、残余应力假说、应力波叠加假说和附加自由面假说四种，它们可在解释露天台阶单排孔毫秒爆破的岩石破碎过程中得到综合的体现。如图所示的露天台阶单排孔毫秒爆破，



露天台阶单排孔毫秒爆破图
1—第一起爆段；2—第二起爆段

是沿台阶工作面布置一排炮孔，奇、偶数炮孔各为一个起爆段别，采用毫秒延期顺序起爆，爆破破碎过程。①先起爆的炮孔相当于单孔漏斗爆破。在压缩波和反射拉伸波以及爆轰气体的作用下，岩石中形成破裂漏斗。沿漏斗周边造成通达自由面的主裂隙使漏斗体与原岩分离，漏斗体内生成较多的交叉裂隙。漏斗体外的岩体内产生应力场及细微裂隙。这一阶段岩石还未明显移动，孔内的高温高压气体尚未消失。②第一组炮孔破裂漏斗形成后，第二组炮孔接着起爆。已形成的破裂漏斗的侧边对后起爆的炮孔来说，相当于新增加的自由面。后起爆的炮孔的最小抵抗和爆破作用方向都有所改变，加强了入射压缩波和反射拉伸波在自由面方向破碎岩石的作用。随着自由面数的增加和夹制性的减少，爆炸能量充分利用于破碎岩石，有利于改善爆破效果，使爆落的岩石块度均匀，大块率降低。③先起爆的一组炮孔的爆破作用在岩体内形成的应力场尚未消失，后一组炮孔立即起爆，两组炮孔爆破产生的应力波相互叠加，增强了应力波的作用，加强了破碎效果。④当前一组炮孔爆落的矿石尚未下落时，后一组炮孔爆下的矿石朝向新形成的附加自由面方向飞散，矿石相互碰撞，利用动能再次产生破碎，使爆堆比较集中而又不飞散过远。⑤由于两组炮孔的起爆顺序是相间布置的，相邻炮孔以毫秒间隔时间起爆，爆破产生的地震波能量在时间上和空间上都分散，根据地震观测资料判明，地震效应比一般爆破约降低 1/3～2/3。

毫秒爆破间隔时间是否合理关系到爆破的效果，合理的毫秒爆破间隔时间在露天和井下有所不同，前述各种假说亦根据所假设的条件推算出多种的合理延期时间，但理论计算出来的间隔时间与实际情况有差距，目前多用经验公式确定，中国冶金工业部对露天台阶毫秒爆破最优间隔时间推荐采用的公式是：

$$T=KW_1/f$$

式中 K 为岩体抗裂系数，$K=20\sim40$；W_1 为实际抵抗线，m；f 为岩石坚固性系数。

研究测试表明，露天台阶爆破时药包爆炸后 10ms，岩石地表开始有明显的移动，接着在加速过程中形成鼓包；到 20ms 时，鼓包运动接近最大速度；到 100ms，鼓包严重破裂。在一般毫秒爆破中，选择 15～60ms 时间间隔，可获得良好的爆破效果。

井巷掘进采用毫秒爆破的最优间隔时间因炮眼较浅、每次起爆的药量小，爆破动应力场存在的时间很短，毫秒爆破主要利用自由面、剩余应力和碰撞来改善岩石的破碎质量。根据页岩巷道的实测表明，当存在一个自由面时（掏槽爆破），最优间隔起爆时间为 6～58ms；两个自由面时 3～27ms。对于中深眼和深孔爆破，毫秒爆破间隔时间：掏槽眼之间 100～200ms，掏槽眼与辅助眼之间 130～300ms，辅助眼之间 3～10ms，辅助眼与周边眼之间 50～70ms。

实现毫秒（微差）起爆的方法有：①利用毫秒发爆器以毫秒为间隔先后供给各组瞬发电雷管以引爆电流，它可靠性差，接线复杂，只适用于毫秒延期段数少的露天爆破；②在导爆索网路中加入毫秒继爆管，以控制各组装药的毫秒间隔时间，只适用于露天或金属矿井；③利用毫秒雷管引爆，适用于各种条件，它简单易行、工作可靠，延期段数多且不易产生拒爆。

简史 20 世纪 30 年代，毫秒爆破已应用到定向爆破中。40 年代，许多国家普遍采用了毫秒爆破技术，露天矿采用毫秒爆破，一次爆破炮眼排数多达 10 排。中国从 20 世纪 60 年代初定型生产 20 段毫秒雷管后，开始在隧道掘进、露天大爆破和金属矿山中采用毫秒爆破，1970 年在煤矿回采工作面应用毫秒爆破采煤，使工作面的煤炭产量增加，成本降低，改善了劳动条件，保证了安全，显示了良好的技术经济效果。

参考书目

陶颂霖，《凿岩爆破》，冶金工业出版社，1986。

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1990。

（刘清泉　张金泉）

haomiao jibaoguan

毫秒继爆管　(millisecond connector)　又称“延期继爆管”。配合导爆索使用的毫秒延期传爆元件。

毫秒继爆管有单索单向（图1），双索单向（图2）和双索双向（图3）三种。由装有延期元件的火雷管，消爆管和减压室，连接套和一段导爆索组成。①火雷管。起引爆继爆管的传爆导爆索（双索单向）或直接引爆被爆导爆索（单索单向）的作用。它要符合火雷管的装药和性能要求。②延期元件起毫秒延期作用，其中延期药与毫秒电雷管使用的延期药相同。延期时间受经消爆后减弱爆轰波能量和燃烧压力的影响，以反扣内管控制减压室空间。延期间隔时间有10、15、20ms，段数有5～10段。③消爆管，是爆轰冲击波传播空间，与管内减压空间一起，起衰减冲击波能量的作用。导爆索爆轰产生的高温高压冲击波，足以破坏延期药直接引爆起爆药，造成雷管早爆，失去延期作用。消爆管为一段有中心孔的聚氯乙烯管，管长与孔径是决定引燃延期药能量的重要因素。消爆管太长、孔径太小，消弱和阻滞冲击波，使能量降至不能引燃延期药，造成雷管瞎火；消爆管太短，孔径太大，冲击波太强，造成速爆。普通导爆索，单索或单向继爆管中消爆管长度100mm，孔径2.0mm；双索单向或双向继爆管中消爆管长度50mm，孔径1.5mm。④连接套是一金属套，它的作用是将继爆管的导爆索和消爆管，或将导爆索、雷管、消爆管连在一起，并卡口固定。⑤导爆索。是继爆管的组成部分，起传导爆轰的作用，它与导爆索起爆网路相连。用于继爆管的导爆索有普通导爆索或低能导爆索。长度必须在搭接条件下能可靠起爆传爆导爆索。

单索单向和双索单向继爆管的传爆是有方向性，只能由消爆管一方传向雷管装药，才起毫秒延期继爆作用，反之不能传播爆轰，爆破网路图上用“－▷－”表示。双向继爆管无方向性，任何一端均可作为起爆端，另一端则为传爆端，它使用方便，但材料消耗要比单向继爆管多一倍，爆破网路图上用“－▷◁－”表示。

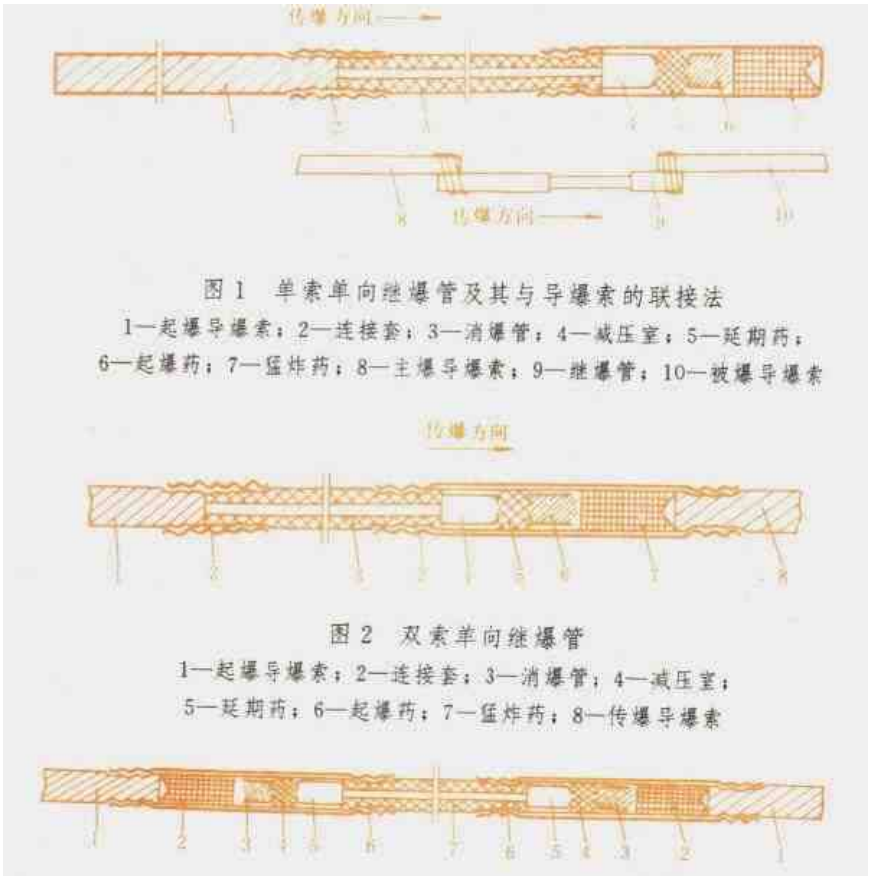


图1　单索单向继爆管及其与导爆索的联接法
1—起爆导爆索；2—连接套；3—消爆管；4—减压室；5—延期药；6—起爆药；7—猛炸药；8—主爆导爆索；9—继爆管；10—被爆导爆索

图2　双索单向继爆管
1—起爆导爆索；2—连接套；3—消爆管；4—减压室；5—延期药；6—起爆药；7—猛炸药；8—传爆导爆索

图3　双索双向继爆管
1—导爆索；2—猛炸药；3—起爆药；4—延期药；5—减压室；6—连接套；7—消爆管

毫秒继爆管与导爆索组成导爆索爆破网路，在露天矿和无瓦斯煤尘爆炸危险矿井实施毫秒爆破，与电爆网路比较有以下优点：①整个网路无电起爆元件，不受杂散电流影响，在爆破场所，不用停电作业，提高工作效率，保证作业安全；②保证按预定顺序起爆，延期时间比较准确，并可灵活选择延期间隔，段数不受限制，能满足多排孔大爆破的需要；③爆破网路简单，铺设方便，导爆索强度大，不易破坏，保证可靠传爆，缩短爆破作业时间。

毫秒继爆管实施毫秒延期爆破有以下典型网路：①单排孔间隔爆破网路。即孔间毫秒爆破，继爆管间隔地并联在各分路导爆索上，如1、3、5……炮孔先爆，2、4、6……炮孔后爆。②多排孔间隔爆破网路。即排间毫秒爆破。有两排或两排以上炮孔时，继爆管串接在每排间传爆导爆索（主干索）上，起爆后，炮孔按1、2、3……排的顺序起爆。③多排孔排间隔环形爆破网路。也是排间毫秒爆破的一种网路。与②爆破效果相同，但网路呈环形，可从两方面传爆，因此任何一处故障造成的中断都不影响网路的传爆，使网

路传爆更加可靠，环形爆破网路必须使用双向导爆管。④多排孔间隔掘沟爆破网路。用于开掘沟槽，要求中心一排炮孔先起爆产生辅助自由面，两侧各排炮孔对称向外逐排顺次起爆。

（徐中禧）

houzhujiang

后注浆 （follow-up grouting） 对已完成永久支护的井巷或对构筑物本体所进行的注浆。井巷施工后发生漏（渗）水量超标或结构强度不够时，可采用后注浆进行堵漏或加固。它分为壁后注浆、壁内注浆、破壁注浆、直接堵漏等多种方式，注浆材料可选择水泥浆液、水玻璃浆液、化学浆液或混合材料浆液。采用单液注浆或双液注浆工艺，注浆参数选择要充分考虑已有支护结构的强度。后注浆具有施工简单、设备少、见效快等特点，除井巷工程外，它可用于地面建筑物和结构物的抗渗、堵漏或加固工程。

壁后注浆 井巷支护后，向壁后的空隙或向其围岩裂隙注浆，以封堵涌水的工艺。注浆孔钻透衬砌或穿入其围岩中，可采用各种注浆材料和各种工艺进行注浆。注浆孔应与漏水裂隙相交，选择漏水大的裂隙顶水造孔或在附近造斜孔，集中漏水可直接造孔。顶水灌注立井井筒注浆施工时，注浆设备安设在凿井吊盘的上层盘，注浆作业在下层盘；生产井，注浆设备安设在井口附近或在提升箕斗、罐笼上安设临时注浆工作盘进行注浆作业。注浆的关键是漏水裂隙的封堵质量，要求能够承受最大的注浆压力，混凝土井壁采用“V”形、矩形槽或预埋注浆管，利用薄铁皮、棉纱、混凝土和塑胶泥封堵，可承受2.0~3.0MPa的注浆压力；料石井壁整体性较差，有水锈和污垢，要用压气和清水冲刷洗净后，再用塑胶泥糊堵。在造孔、埋管、糊堵裂缝之后，要做压水试验，目的是检查糊缝和埋管质量，确定浆液配比、注浆量、注浆压力以及浆液凝胶时间。注浆时发现跑浆应采取缩短凝胶时间，间歇注浆，或用木楔、棉纱填塞等方法处理。斜井和平巷与立井壁后注浆的方案、工艺、注浆参数基本相同。

破壁注浆也属壁后注浆的范围，主要适用于第四系含水砂层中已经破裂的井壁，发生局部漏水、涌砂或井壁变形剥离，对整个井筒造成严重威胁时，采用钻孔穿透井壁并安设双管防喷孔口密封装置进行注浆堵水加固。破壁注浆要妥善做好安全防患措施，严防大量涌水喷砂。

壁内注浆 对井巷永久支护（井壁衬砌）体内的注浆工艺。注浆孔深度小于井壁厚度100~200mm，并与漏水裂缝相交，注浆工艺、布孔方式、糊堵方法同壁后注浆。注入对象多是围岩为含水砂层的单层或双层井壁，注浆孔穿透井壁易发生涌水冒砂威胁矿井安全时，应采用壁内注浆堵水加固。

（王国明）

huajia

滑架 （crosshead） 开凿立井时，为防止吊桶升降时横向摆动而安放在提升钩头上方的，沿稳绳滑行并带金属保护伞的框架。滑架是一个矩形的钢架，4个端部各有一个滑套，分别套在左右两根稳绳上，依靠这4个滑套防止滑架在任意方向上产生转动。滑套空套在稳绳上，故能沿稳绳上下滑动。由于稳绳是张紧的，其摆动很小，故滑架在沿稳绳滑行时摆幅也很小。滑架上还设有一个中间滑套，它套在提升钢丝绳上，浮放在钩头上，钩头上行时带动滑架上行，钩头下放时，滑架依靠自重随其下行。在提升过程中由于稳绳、滑架自身的稳定性限制了钩头和吊桶的摆动。滑架运行到稳绳末端时，停止在稳绳盘（吊盘）上。由于它是浮放在钩头上的，并不妨碍钩头继续下行直到工作面。同样，在井口翻矸时也可用专门的托架将滑架停在适当的位置，不妨碍吊桶翻转。

滑架上安装保护伞的作用是防止杂物掉入吊桶，保护升降人员的安全。滑架跨距即为稳绳间距，根据吊桶容积确定，中国标准有1.40、1.55、1.70、1.85、2.05、2.20m等。滑架高宽比为1∶2，保护伞直径为1150~1930mm。

（汪元垣 华安增）

huaxue jiangye

化学浆液 （chemical grout） 以无机物、有机单体或其他化合物等物质配制成的溶液、溶胶或乳液状的注浆液。在反应剂的作用下于受注地层内发生化学反应，生成凝胶或高分子聚合物，起到堵水或加固作用。按主剂不同分为水玻璃类、脲醛树脂类、丙烯酰胺类、铬木素类、聚胺酯类、环氧树脂类、糠醛树脂类浆液等。化学浆液应无毒、无害、无臭、不污染水源，适用于具细小裂隙的岩层、孔隙性岩层和砂层的堵水或加固。

水玻璃类浆液 水玻璃的水溶液，在固化剂的作用下生成凝胶的化学浆液。主剂是水玻璃，固化剂分为无机物和有机物两大类。无机固化剂有氯化钙、铝酸钠、碳酸氢钠、氟硅酸、二氧化碳、硫酸、磷酸等，有机固化剂有乙二醛、醋酸、柠檬酸，以及能够在碱性条件下发生分子内歧化反应、缓慢释放有机酸的酯类化

合物，如醋酸乙酯等。一种或两种以上固化剂与水玻璃配合，就可构成一种浆液，如水玻璃-铝酸钠浆液、水玻璃-乙二醛浆液等。因固化剂种类多，构成水玻璃浆液的品种也多，性能差异较大，可根据注浆目的，选择适宜的品种。浆液粘度在2～100mPa·s之间，凝胶时间可控制在瞬凝到几天之内，固砂体抗压强度为0.1～4.0MPa。

脲醛树脂类浆液 在催化剂作用下，使脲醛树脂发生缩合聚合反应，生成不溶不融缩聚物的浆液。脲醛树脂是由尿素和甲醛缩合而成的一种聚合度较低的高分子缩聚物，在固化前是一种水溶性树脂，配制成水溶液后，在酸的催化下可在常温迅速固化。浆液的主剂是低聚合度的脲醛树脂，也可直接使用尿素和甲醛。该浆液水溶性好，粘度低，可注性好；凝胶时间可控制在十几秒到几十分钟之间；固砂体强度高，成本较低。但有刺激性臭味，影响推广使用。

木铵浆液 由以亚硫酸盐纸浆废液与尿素、甲醛的混合物为主剂，以硝酸铵或无机酸为固化剂配制成的浆液。有以下特点：①强度高、粘结力强；②粘度低、可注性好（能注入含泥量为20%的细砂中）；③能抗强酸、强碱及盐类的腐蚀；④凝胶时间可控范围宽；⑤因使用纸浆废液，原料来源广，价格较便宜。

丙烯酰胺类浆液 以丙烯酰胺为主剂，配合多种辅剂，构成的浆液。注入地层后发生聚合反应，生成具有弹性、不溶于水的聚合物。该浆液中国称为MG-646、ZH656、TKH-946、丙凝等。美国称为AM-9，日本称为日东-SS。名称虽不同，配方基本相似。除主剂均为丙烯酰胺外，交联剂有NN′-亚甲基双丙烯酰胺、二羟乙基双丙烯酰胺；氧化剂有过硫酸铵、过硫酸钾；还原剂有β—二甲氨基丙腈、三乙醇胺、β β′ β″—氮川三丙酰胺；强还原剂有硫酸亚铁、亚硫酸钠；缓凝剂有铁氰化钾等。该浆液的特点：①粘度很低，渗透性很好，在粉细砂层中也容易注入；②凝胶时间能在几秒到几个小时内准确控制；③凝胶体抗渗性好，其渗透系数$K \leqslant 1\times10^{-5}\sim1\times10^{-6}$cm/s，可视为不透水；④凝胶耐久性好；⑤配制方便、控制容易，应用范围较广；⑥原材料价格较高，凝胶固砂体的强度低，有一定毒性，使用时要防止污染水源。

铬木素类浆液 以亚硫酸盐纸浆废液为主剂，重铬酸钠为固化剂，三氯化铁、硫酸铜、硫酸铝、氯化铜为促进剂配制成的浆液。主剂以木质素为原料，利用造纸厂排放的纸浆废液，成本很低。该浆液粘度低，可注性好；凝胶时间可控制在十几秒到几十分钟，固砂体抗压强度为0.4～2.0MPa。固化剂重铬酸钠是剧毒品，使用时要极慎重。

聚氨酯类浆液 聚氨基甲酸酯类浆液的简称，分为非水溶性和水溶性两种。

非水溶性聚氨酯浆液是以甲苯二异氰酸酯和聚醚制成的预聚体为主剂、以丙酮和邻苯二甲酸二丁酯为溶剂、发泡灵为表面活性剂、三乙胺为催化剂等共同构成的浆液，浆液注入含水地层后，经过一个诱导期，才开始发生化学反应，放出二氧化碳使浆液发泡，体积膨胀，粘度也随之增加。在气泡的推动下，浆液发生二次渗透，经过一定时间后反应完成，浆液固化。此浆液粘度较大，因有二次渗透作用，发泡后仍可流动，增加扩散范围。凝固时间与温度、pH值、溶剂用量及催化剂用量有关，特别是增加催化剂三乙胺的用量，可以加快凝固。浆液固砂体抗压强度较高，不易被水冲走或稀释，适宜动水注浆堵水。中国又称聚胺酯为氰凝，日本称为TACSS，德国称为Baymidur K88，主要用于煤层顶板加固，也用于堵水和锚固。浆液有一定毒性，应用范围受到限制，成本较高。

水溶性聚氨酯浆液的主剂是甲苯二异氰酸酯和环氧乙烷聚醚的预聚体，溶剂是邻苯二甲酸二丁酯和丙酮，催化剂为2、4—二氨基甲苯和水。浆液是亲水性的，在水中的溶解和分散性均较非水溶性的要好。水在该浆液中既是反应剂又是催化剂，无水就不凝固。纯浆液粘度为200～500mPa·s，水量增加粘度降低。凝胶时间受催化剂影响，较难控制。固砂体抗压强度与浆液浓度有关，浓度为40%～50%时，强度为1.0～3.0MPa，粘接力较强，聚合物是高弹性体。

环氧树脂类浆液 以环氧树脂为主剂，丙酮和甲苯等为稀释剂，聚酰胺树脂为固化剂和增韧剂，甘油环氧树脂为亲水剂配制成的浆液。它有粘接力强、常温下固化、收缩率小、稳定性好等优点，但也有粘度大、固化时间长、憎水等缺点。主要用于混凝土补强和文物修复。

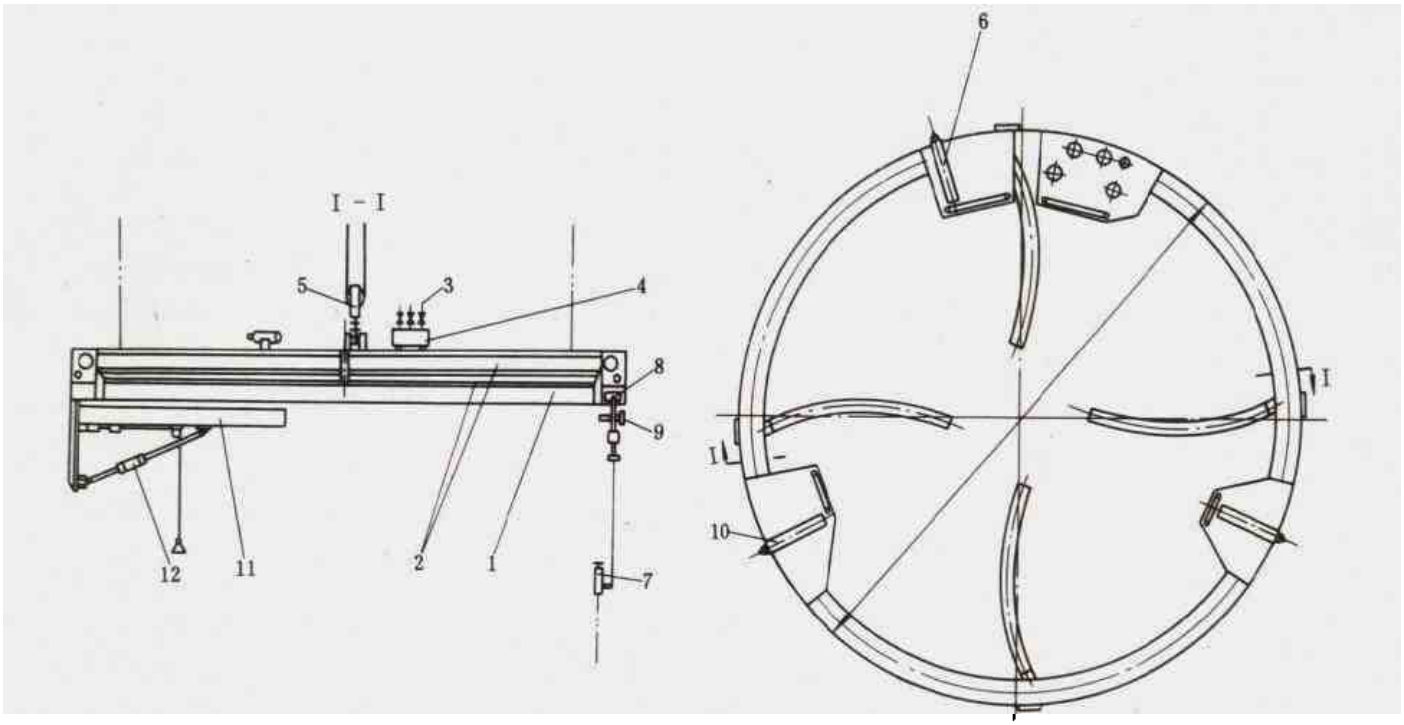
糠醛树脂类浆液 以糠醛和尿素为主剂，硫酸、盐酸或盐酸苯胺为固化剂，亚硫酸盐纸浆废液为增强剂，壬温－80为表面活性剂配制成的浆液。浆液粘度低，可注入极细的细砂层，固砂体抗压强度为1.0～8.0MPa。凝胶时间与酸量、温度、糠醛的摩尔比及尿素的摩尔比等因素有关，可控制在几十秒到几十分钟之内。材料来源广，成本低。但因糠醛有刺激气味，使用受到一定限制。

（苏坚深 赵 斌）

huanxing zuanjia

环形钻架 (circular shaft jumbo) 在环形吊架上安装多台轻型凿岩机的立井凿岩设备。它的主体

结构是一个环形钢架（见图），设有3个悬吊装置，用钢丝绳通过滑轮悬吊在吊盘的绞车上，利用绞车升降，另外还有两个套筒撑紧器和一个撑紧气缸，用以固定钻架的位置。环形钢架也是一个环形滑道，安装凿岩机的滑道小车可沿环形滑道运行，达到设计的周边眼位置后即可进行凿岩工作。另外环形钢架上还用铰链连接4～5个悬臂式的外伸滑道，它可以左右摆动。外伸滑道上也有安装凿岩机的滑道小车，可将凿岩机移到设计的掏槽眼和辅助位置，进行凿岩工作。环形钻架上配置轻型气腿式凿岩机，比伞形钻架轻便但工效较低。环形钻架主要技术性能如表所示。



环形凿岩吊架

环形钻架

1—环形滑道；2—环形分风分水管；3—胶管；4—集中注油器；5—悬吊装置；6—套筒撑紧器；7—气腿凿岩机；8—滑道小车；9—定位销；10—撑紧气缸；11—外伸滑道；12—拉杆

环形钻架主要技术性能

井筒直径（m）	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
1. 环形滑道							
外径（mm）	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500
宽度（mm）	176						
分段数	4	4	5	5	6	6	6
2. 外伸滑道							
数量（支）	4	4	5	5	6	6	6
弦线长度（mm）	1400	1650	1900	2150	2400	2650	2900
3. 滑道小车							
数量（台）	12	12	15	15	18	18	24
凿岩机型号	YTP—26HJ						
气腿型号	FT170HJ						

续表

井筒直径 (m)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
4. 环形分风分水器 环形风管外径×壁厚 (mm) 环形水管外径×壁厚 (mm)	114×5 60×5						
5. 撑紧装置 套筒千斤顶数量	3						
6. 悬吊装置 风动绞车型号 风动绞车数量 (台) 钢丝绳规格	JH2/24 3 6×19−15.5						
7. 环形钻架主体高度 (mm)	1210						
8. 环形钻架总重 不计凿岩机和气腿 (kg) 包括凿岩机和气腿 (kg)	2687 3215	2872 3400	3348 4008	3529 4189	4123 4915	4333 5127	4554 5340

(张一心 华安增)

hunhe zhijia

混合支架 (composite support) 主要构件用两种或两种以上材料做成的支架。混合支架能充分发挥各种材料的不同性能和受力特点，取得良好的支护效果。混合支架主要有钢梁和钢筋混凝土立柱、钢梁与料石墙、料石墙和混凝土拱碹、锚杆与金属支架等。混合支架一般用型钢作抗弯构件，混凝土或料石作受压构件，有时采用外层砌筑料石或弧板、内层浇灌混凝土的双层碹形式，既有较高的承载能力，又有良好的防水性能，多在高地压的大巷中采用。

(贺永年)

hunningtu waijiaji

混凝土外加剂 (concrete admixtures) 用以改善混凝土性能的物质，在混凝土拌制过程中掺入，掺量一般不大于水泥质量的5%。外加剂通过物理、化学或物理化学作用，如吸附、分散、催化、絮凝或参加化学反应等发挥功效。合理使用外加剂可使混凝土许多性能得到改善，如：提高拌合物的和易性、提高强度、改善混凝土的干燥收缩和徐变、调节空气含量、降低水化热或延缓放热过程、调节凝结硬化速度、增强抗侵蚀性能、抑制碱集料反应、提高抗冻性和抗渗性、减少拌合物的泌水和离析、提高骨料与砂浆间的粘结力、增大混凝土与钢筋的粘结力、抑制钢筋的锈蚀、提高新老混凝土界面的粘结力、改变混凝土的颜色等。混凝土中掺入外加剂可以取得节约水泥、节省能源、缩短工期、提高质量、改善施工条件和满足施工或工程特殊要求等技术经济效益。

混凝土外加剂品种很多，通常按功能分类和命名，中国分为四大类：①改善混凝土拌合物流变性能的外加剂，包括各种减水剂、引气剂和泵送剂等；②调节混凝土凝结时间、硬化性能的外加剂，包括缓凝剂、早强剂和速凝剂等；③改善混凝土耐久性能的外加剂，包括引气剂、防水剂和阻锈剂等；④改善混凝土其它性能的外加剂，包括加气剂、膨胀剂、防冻剂、着色剂、防水剂和泵送剂等。

最早使用的混凝土外加剂是氯化钙、石膏等无机盐类。20世纪30年代，美国首先应用松香树脂类引气剂和以木质素磺酸盐为主要成分的塑化剂。60年代，日本、联邦德国分别研制成功萘磺酸盐类和密胺树脂类高效减水剂。近30年来外加剂发展十分迅速，在工业发达国家，半数以上的混凝土中都使用了外加剂，北欧、日本、澳大利亚等国已几乎没有不掺外加剂的混凝土，外加剂已成为混凝土中不可缺少的重要组分。

中国20世纪50年代开始生产和使用松香热聚物引气剂，亚硫酸盐纸浆废液塑化剂和氯盐早强剂。60年代研制成功用于喷射混凝土的红星一型速凝剂。70年代以后，外加剂品种的开发和应用有了较快发展。80

年代后期还颁布了有关外加剂的国家标准和应用技术规范。90年代已在25%以上的工程混凝土中应用了外加剂。

对外加剂总的要求是掺量少和不利影响小，具体要求则随品种而异。外加剂质量指标常包括本身的匀质性，掺外加剂净浆和砂浆的性能、掺外加剂混凝土的性能三部分，主要以混凝土性能指标来评价其质量。中国标准规定的主要项目有减水率、泌水率比、含气量、凝结时间差、抗压强度比、收缩率比、相对耐久性指标、钢筋锈蚀性、含固量或含水量、密度、氯离子含量、水泥净浆流动度等。

减水剂 在混凝土塌落度基本相同的条件下，能减少拌合用水量的外加剂。减水剂多为表面活性剂，其主要作用为：①减少拌合用水量，从而提高混凝土的强度、耐久性和密实度；②当用水量不变时，可提高拌合物的流动性；③在不降低混凝土强度和拌合物流动性的前提下，节省水泥。

减水剂按功能分为普通减水剂、高效减水剂、早强减水剂、缓凝减水剂和引气减水剂。

普通减水剂只具有一般的减水作用（减水率≥5%），常用的有木质素磺酸盐系和腐植酸系产品，宜用于日最低气温在+5℃以上施工的各种混凝土工程，但不宜单独用于蒸养混凝土。高效减水剂能大幅度减少用水量（减水率≥10%），常用的有多环芳香族磺酸盐系和水溶性树脂系产品，适用于制备早强、高强混凝土和大流动性混凝土以及在日最低气温为0℃以上施工的各种混凝土工程，在喷射混凝土中为降低回弹和提高强度，也常掺用高效减水剂。早强减水剂兼具早强、减水两种功能，产品多为早强组分（硫酸钠）和减水组分组成的复合剂，主要用于蒸养混凝土和在日最低气温为−5℃以上施工的混凝土。缓凝减水剂则兼具缓凝和减水两种功能，适用于大体积混凝土、商品混凝土和炎热条件下施工的混凝土。引气减水剂是兼具引气功能的减水剂，减水率大，有一定增强作用，能明显改善拌合物的保水性和提高混凝土的耐久性，是国外广泛使用的外加剂品种。

速凝剂 使混凝土迅速凝结、硬化的外加剂。按产品性状分粉状和液态两类，按化学性质分为碱性速凝剂和非碱性速凝剂。目前中国生产的主要是粉状碱性速凝剂。速凝剂掺入后，混凝土凝结时间缩短，一般初凝应不迟于5min，终凝应不迟于10min。但后期强度将降低，一般要求混凝土28d抗压强度应不低于未掺速凝剂的70%。非碱性速凝剂的优点是后期强度不降低和腐蚀性小，已有产品问世。

防冻剂 能使混凝土在负温下硬化并在规定时间内达到足够强度的外加剂，多由防冻组分、早强组分、减水组分和引气组分复合而成，主要用于负温条件下施工的混凝土。防冻剂按成分分为氯盐类、氯盐阻锈类和无氯盐类。氯盐类是用氯盐（氯化钙、氯化钠）或以氯盐为主复合的防冻剂。由于氯盐容易引起钢筋锈蚀，故主要用于素混凝土。氯盐阻锈类是以氯盐与阻锈剂（亚硝酸钠）为主复合的防冻剂，可用于钢筋混凝土。无氯盐类是以亚硝酸盐、硝酸盐、碳酸盐、乙酸钠或尿素为主复合其它无氯外加剂而成的防冻剂，其中的乙酸钠或尿素防冻剂除能用于钢筋混凝土外，还可用于预应力钢筋混凝土工程。

早强剂 能加速混凝土早期强度发展的外加剂，要求能显著提高早期强度，并不对混凝土后期强度产生较严重的不利影响（要求28d和90d的抗压强度较未掺者的降低值不超过5%）。按成分可分为无机早强剂（如氯化钙、硫酸钠）、有机早强剂（如三乙醇胺）和复合早强剂三类。复合早强剂多由有机物和无机物复合而成，其早强效果好，且常具有后期增强作用，应用最为普遍。中国主要发展无氯复合早强剂，常用的有三乙醇胺复合早强剂和硫酸钠复合早强剂。早强剂主要用于蒸养混凝土和具有早强或防冻要求的混凝土工程中。

防水剂 又称抗渗剂。能降低混凝土在静水压力下透水性的外加剂。掺入防水剂后的生成物能填塞毛细通道、减少混凝土的孔隙，或本身具有较强的憎水性，降低混凝土的吸水性并提高其抗渗性和耐久性能。防水剂主要用于配制防水混凝土和防水砂浆，应用在地下工程、防水工程、屋面工程以及某些特殊工程中。按成分防水剂分为无机、有机和复合三类。无机类中应用最多的是氯化铁防水剂，它防水性能较好并对强度起有利作用，缺点是锈蚀钢筋。有机类多为憎水物质，如金属皂、有机硅等。复合类是近年发展的主要产品，除抗渗性能优异外，还常兼具其它有益功能。

表面活性剂 又称界面活性剂。溶于液体后，能显著降低溶液表面张力或界面张力的物质。它能改进溶液的增溶、乳化、分散、渗透、润湿、发泡和洗涤的能力，是一类品种繁多、用途广泛的精细化工产品。表面活性剂分子结构的特点是含有亲水基团和憎水基团两部分。一般按其亲水基团能否电离和电离后生成离子的类型分类。表面活性剂溶于水时，亲水基团能电离生成离子的称为离子型表面活性剂，不能电离生成离子的称为非离子型表面活性剂。前者又分为阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂和两性表面活性剂。混凝土外加剂使用的主要是阴离子表面活性剂和少数非离子型表面活性剂。

引气剂 在搅拌混凝土过程中能引入大量均匀分布、稳定而封闭的微小气泡的外加剂。引气剂多为表面活性物质，能减少混凝土拌合物泌水离析，改善和易性并能显著提高混凝土的抗冻性、抗渗性和抗侵蚀性，但会降低其强度。主要用于抗冻混凝土、防水混凝土以及要求改善拌合物粘聚性和保水性的场合，在湿法喷射混凝土中也可适量掺用。引气剂分为松香树脂类、烷基苯磺酸盐类、脂肪醇类、非离子型表面活性剂等，中国最常用的是松香树脂类引气剂和烷基苯磺酸盐类引气剂。

引气剂过去曾称加气剂。根据现行中国国家标准规定，加气剂专指混凝土制备过程中，因发生化学变化而使混凝中形成大量气体的外加剂，如铝粉等，主要用于制作多孔混凝土。

膨胀剂 能使混凝土产生一定体积膨胀的外加剂。掺入膨胀剂能补偿混凝土的收缩，减少裂缝，提高混凝土的抗裂性和抗渗性。主要用于配制在防水工程、地下工程、大体积工程中使用的补偿收缩混凝土，在设备底座安装，梁柱接头、地脚螺栓固定中使用的填充用膨胀混凝土，也可用于配制膨胀砂浆。膨胀剂可分为硫铝酸钙类、氧化钙类、氧化钙——硫铝酸钙类、氧化镁类和金属类等五种，以硫铝酸钙类应用最广(如明矾石膨胀剂、CSA 膨胀剂等)。在喷射混凝土中掺入以膨胀剂为主要成分的复合剂以提高抗渗性，效果也很好。

复合剂 将两种以上的外加剂复合制成的产品，一般只经过配料、磨细、机械混合即可产生而不需经过复杂化学反应或加热、加压处理。复合剂的性能均优于单组分的外加剂，往往具有多种功能。复合剂种类很多，可以是两组分复合，也有多组分复合；可以是无机物与无机物、有机物与有机物复合，也可以是无机物和有机物复合。主要品种有早强减水剂、防冻剂、缓凝高效减水剂、引气减水剂等。复合剂在外加剂生产中已日益占有重要地位。

参考书目

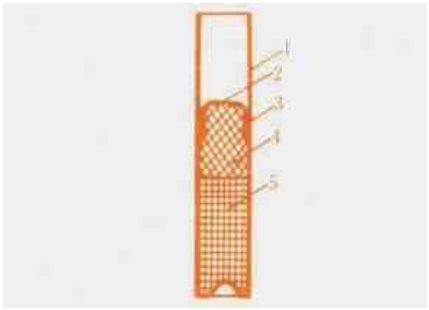
张冠伦编著，《混凝土外加剂原理与应用》，中国建筑工业出版社，1989。

张云理、卞葆芝编，《混凝土外加剂产品及应用手册》，中国铁道出版社，1988。

（富嘉元）

huoleiguan

火雷管 (plain detonator, fuse cap) 用火焰激发的雷管。曾称“火管”。它由管壳、加强帽、起爆药和猛炸药等组成，见图。管壳由纸、铜或覆铜钢制成，主装药（猛炸药）为黑索金，6 号雷管装药量不小于 0.4g，8 号雷管装药量不小于 0.6g。起爆药为二硝基重氮酚或 D·S 共沉淀（叠氮化铅与斯蒂分酸铅用共沉淀法制成的药剂）或叠氮化铅等，装药量必须能使雷管中的主装药（猛炸药）完全爆轰。雷管起爆能力，8 号雷管应能炸穿 5mm 厚铅板，6 号雷管应能炸穿 4mm 厚铅板，穿孔直径不应小于雷管外径。



火雷管结构

1—管体；2—传火孔；3—加强帽；4—压装二硝基重氮酚；5—猛炸药柱

火雷管构造简单，使用方便，不受杂散电流和雷电引爆的威胁。目前，在一些中、小金属矿山，水利工程，采石场等还经常采用。但不能用于煤矿井下有瓦斯、煤尘爆炸危险的环境中作业。

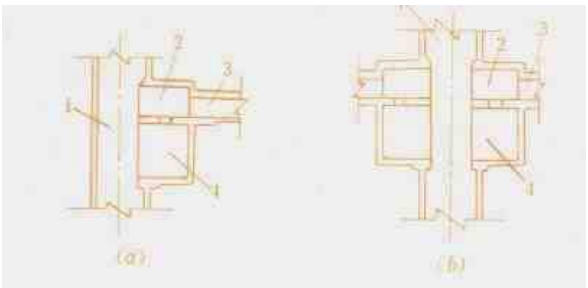
（崔应娟）

J

jidou zhuangzai dongshi

箕斗装载硐室 (skip loading pocket) 连接井筒和井底煤仓、矿仓或矸石仓，并装有装载设备将煤炭、矿石或矸石自动装入提升箕斗的硐室。硐室高且宽，应布置在坚硬稳定的岩层中；应满足设备安装、行人及检修等要求；硐室可布置在运输水平以下或以上，要经过技术经济比较后选定，一般布置在运输水平以下。

硐室布置形式 ①按井筒内装载水平的数目，分为通过式及非通过式两类。井筒内只有一个装载水平或为提升最终水平时，采用非通过式，井筒内两个以上水平同时装载时，上水平和中间水平为通过式。②按井筒内提升设备的套数，装载硐室分为单侧式或双侧式。井筒内只设置一套提升设备时，在井筒一侧设装载硐室，为单侧式，见图(*a*)；井筒内设置两套提升设备时，在井筒相对应的两侧各设一个装载硐室，为双侧式，见图(*b*)。



箕斗装载硐室

a—单侧式；*b*—双侧式

1—主井；2—装载带式输送机机头硐室；3—装载带式输送机卷；4—箕斗装载硐室

硐室断面结构 断面形状有：①矩形，硐室平顶部用工字钢托顶，这种断面施工简单，断面利用率高，但承受地压能力较差，钢材消耗大，适用于岩石稳定的矿井，应用广泛；②半圆拱形，承受顶压能力强，承受侧压能力差，适用于围岩稳定性较差的矿井；③全封闭形，一般常用椭圆全封闭，承受顶压、侧压和底压能力强，硐室高而大，分隔成上下室，适用于地压特大的大型矿井。

常用的支护结构有：①混凝土支护，厚300～500mm，混凝土强度等级C18～C25号，钢材消耗较少，施工简单，但承载能力较差，适用于地压较小的单侧式装载硐室；②钢筋混凝土支护，厚400～500mm，混凝土强度等级C18～C25号，承载能力强，但钢材消耗量较多，施工复杂，适用于地压较大或为双侧式的装载硐室。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1982。

（孙恩棠 兰生智）

jiji dongjie

积极冻结 (active freezing) 从开始冻结到冻结壁形成并达到设计厚度和强度时的冻结工作。此过程称为积极冻结期。冷冻站应满负荷运转，迅速将盐水降到设计温度，供足流量，使冻结壁尽快形成。

冻结壁形成所需的时间取决于岩土的颗粒组成、含水率、导热性能和地下水流速、冻结孔间距、冻结管直径、循环盐水的温度和流动状态等，若井筒附近有水源井时，其抽水状况对冻结造成影响。

冻结壁形成过程中，必须对水文观测孔的水位和温度检测孔的温度定期进行测量。

（汤志斌）

jiliang zhuangzhi anzhuang

计量装置安装 (installation of measuring apparatus) 把称量煤炭或物料的衡器安装在指定的位置上的工作。主要有轨道衡、地中衡、电子胶带秤等设备的安装。

轨道衡安装 轨道衡安装在煤仓的铁路专用线上，用于铁路货车装载煤炭的计量。它包括基坑、承重

梁、杠杆系统、显示部分等主要部件的安装及检衡。

基坑是轨道衡的支座，杠杆及承重梁装在基坑内。基坑的深度、侧壁距支座的距离、坑底地坪的坡度要符合安装规程要求，并要设防水、排水等防护设施。

承重梁直接放置在杠杆上，梁侧面用拉杆固定在基坑壁上，上面铺钢轨，直接承受货车的重量，钢轨的水平度及轨距必须符合安装规程要求。承重梁上铺设钢板将基坑封闭，基坑两端设立防爬轨，防爬轨一端与承重轨相接，另一端与平直轨相接。

杠杆系统中，杠杆依靠支承点刀刃固定在刀承上，支持刀承的支架固定在支座上，支座固定在混凝土基础上，刀刃与刀承接触长度及杠杆、支承点刀刃的水平位置均要符合安装规程要求。用传力杠杆传递到计量杠杆上，利用大小游砣在计量杠杆上平衡位置转换成计量读数。安装时传力杠杆要水平，计量杠杆及大小游砣要准确。另一种采用数码计量机构，在操纵盘上显示数字。

检衡是由铁路部门专职机构用检衡车进行。一般进行空称检定、每对承重杠杆传力比正确性的检定、称量检定、灵敏度检测、计量杠杆主副标尺槽口及刻度线误差检定。经检定合格的轨道衡方可使用。

地中衡安装 地中衡用于称量载重汽车的整车货物，它包括承重部分、杠杆系统计量（显示）部分的安装与检衡。

承重部分由型钢焊成框式承重台，上面承受汽车的重量，下面放置在杠杆上。承重台水平度安装要符合要求，台面要灵活。

杠杆系统安装要求杠杆水平，刀刃和刀承接触符合安装规程要求，整个杠杆系统灵活。

承重台杠杆及支座均设置在基坑内，上层铺设钢板，利用大小游砣在计量杠杆上的平衡位置转换成计量读数。安装传力杠杆要水平，计量杠杆、大小游砣要准确。另有一种电子地中衡，当汽车进入承重台，载荷经传力机构作用到四个高精度传感器上，传感器与配套仪表连接，传感器受压后仪表显示载重量。

检衡工作由专门的计量检测单位承担，主要对空秤做称量检定、灵敏度检测、计量杠杆标尺槽口及刻度检定等，最后发给合格证方可使用。

电子胶带秤安装 包括秤架、测重传感器、测速传感器、显示仪表的安装及静态线性调整。

秤架安装在带式输送机的上胶带下面，其位置选择在能防雨、防风、比较干燥清洁和便于调整的地方，尽可能远离落料处、进料处、主动轮、被动轮等胶带振动较大的地方。秤架在安装前应对十字弹簧片、托辊、螺钉等进行检查。把胶带托起安装秤架，安装方向使秤重托辊顺着胶带运动方向，即物料先经秤重托辊后经平衡块，秤重托辊和前后两组托辊安装要符合安装质量标准要求。胶带放下，运转输送机，看胶带在秤量段前后几组是否有跑偏现象，胶带与托辊的接触面是否均匀。使用电子胶带秤的输送机最大倾角不得超过35°。胶带接头应用胶接，不可用金属卡子。胶带最好设有张紧力调整装置，能自动调整张力，尽量减小胶带振动。

测重传感器安装在秤架的传感器底座上，安装时先把胶带机托起，再把传感器与底座用螺栓固定即可，但注意传感器防护罩不得与传感器支架相碰，不锈钢拉条不可弯曲并与秤架平面垂直。

测速传感器滚轮位置应选择下胶带振动小的地方，胶带运转带动滚轮转动，把胶带速度转换成滚轮转速，滚轮带动传感器的转子旋转。滚轮旋转方向应与滚轮螺栓紧固螺帽拧紧方向一致，滚轮中心线应与胶带传送方向垂直。

显示仪表一般安装在仪表室，安装环境应灰尘少、腐蚀气体少、干燥、清洁、通风，尤其要注意使用环境、温度。显示仪表和秤架距离一般不超过100m。传感器用四芯屏蔽电缆线连接，用一般稳压电源供电，显示仪表接地必须良好。

静态线性调整时，托起胶带，旋低限位螺钉，取下测重传感器防护罩，接上连接线，在秤架测试刀上挂上砝码钩、仪表应指零，否则在秤架上加砝码调整。在砝码钩上加载重量，一般加载重量不超过有效秤量最大负荷重，加砝码分三档，记下加砝码重量及仪表读数，使其线性误差不大于安装规程要求，然后再开动输送机进行动态调零及实物标定，全部调整合格后方可投入使用。

（朱洪顺）

jisuanji fuzhu sheji

计算机辅助设计 （computer aided design）

利用计算机技术、计算机图形学、系统工程把工程设计的理论、方法、数据与设计人员的经验相结合，由设计人员在计算机上操作运行，辅助设计人员完成设计工作，简称CAD。

计算机辅助设计系统由硬件和软件组成。硬件包括输入设备（键盘、数字化仪、扫描仪等）、输出设备（打印机、绘图机、彩色图形显示器等）和计算机系统。软件包括图形处理软件、交互式设计软件、数据库管理软件、应用软件和计算机系统软件。

计算机辅助设计系统除具有数字及文字处理功能外，还具有图形输出、输入和编辑功能，对图形进行修

改、增加、删除、放大、缩小、平移、旋转、剖切等操作。彩色图形显示器除了能用二维平面图形来表达设计结果外，还可以建立三维模型，各种物体的三维模型，可以是线框图、具有真感的实体图。通过放大、旋转操作，设计人员可以从不同角度详细观察研究所设计的对象，也可以通过剖切详细观察所设计对象的内部结构。设计结果可以通过打印机和绘图机输出设计文件、图表和工程图纸。

设计人员在CAD设备上使用专用的应用软件进行设计工作。设计过程采用交互式人机对话和"菜单选择"的工作方式进行，在显示器上以图形方式或文字方式显示各种功能，另外还可以提供各种帮助信息，提示设计人员如何操作。设计人员根据设计需要选择相应的功能，在CAD软件引导下进行信息输入、设计构思、分析计算或者修改设计。

中国煤矿应用计算机辅助设计从1986年开始。在矿井、露天、选煤厂、地面建筑的各设计阶段中已推广使用CAD系统。煤矿设计中应用CAD系统可以建立地质模型、优化设计和进行施工图设计。

建立地质模型是将地质勘探信息如钻孔数据、各种等值线图、断层及煤质等信息通过键盘、数字化仪或扫描仪输入计算机。用克里金法，按距离加权最小二乘法、趋势面法等数学方法对地质数据进行计算和分析，建立地质数据库和三维计算机地质模型。设计人员用地质模型进一步研究煤层变化规律、煤田地质构造、断层和褶皱发育情况及分布规律、煤层及煤质特征、计算煤炭储量。

优化设计方案是在地质模型上设计人员用人机对话方式输入设计参数和设计方案草图，计算机自动建立矿井设计方案模型，进行各种储量计算、基建工程量计算、投资费用计算、建井工期计算，输出各项技术经济指标。设计人员根据技术经济指标评价和修改设计方案。使用计算机模拟技术模拟设计矿井的各生产系统情况，优化各系统参数，选择能发挥最佳效能的设备，确定最优的系统方案。输出设计所需的各种图纸。

施工图设计是对于图形变化规律性比较强的施工图（如巷道断面及交岔点），用计算机辅助设计只需要输入基本尺寸数据，其它数据由程序从数据库中调用，自动完成设计计算和绘图工作。这类施工图使用计算机辅助设计可以极大地提高设计效率。对于变化大、规律性不强的施工图（如井底车场）采用人机交互式绘图方式。设计人员用图形菜单从施工图图形库中调用图形构件组装成施工图，然后计算机自动计算工程量和材料量，完成工程量表、材料表、施工图预算及文字说明。

全部数据和图形都能储存在计算机中并能随时调用，各专业设计人员可以互相交换资料。一个CAD系统中可以集成多个专业应用软件，各专业一起在一个CAD系统中共同完成设计任务。

在美国、澳大利亚、加拿大、南非等采矿业发达国家都有商品化CAD软件出售，主要有地质钻孔数据处理、三维地层模拟、矿井设计、生产计划、露天开采设计、道路设计、材料和设备管理等软件。三维地层模拟软件可建立三维地层模型，模型可以任意剖切，任意抽取某一层煤或岩层，任意旋转，能清楚地看到地层和煤层的赋存状态。矿井设计软件可以根据给定的采区范围和参数自动布置采煤工作面。生产计划软件可以编制短期、中期、长期生产计划，模拟生产情况，计算采掘进度、产量、煤质，选择最优的方案。

煤矿CAD系统将向专家系统和多媒体技术发展。

专家系统开创了用计算机求解非数值实际问题的有效途径。专家系统是一种基于知识的智能程序，系统中储存有专门知识库，能够在专家的水平上求解问题。CAD和专家系统相结合组成智能化煤矿CAD系统。系统知识库包括煤矿企业的经验和设计工程师的设计经验和规则、设计中出现的特殊情况和为解决这些情况所采取的措施。这种智能化的CAD系统可以提高设计的总体水平。

利用多媒体技术可以在计算机上同步地执行二维图形、动画、视频、音频（语音、音乐、音响效果）等多媒体功能。设计成果除了以设计文件和图纸来表达外，还可以用多媒体技术制作一部动画来表达设计的矿井。设计人员可以看到二维或三维的图形、矿井的实体模型、矿井动态生产情况，听到各种声音。在设计中就形象地看到了未来矿井的面貌。

参考书目

孙家广编著，《计算机辅助设计技术基础》，清华大学出版社，1990。

王玉浚编著，《采矿系统优化与模拟》，中国矿业大学出版社，1988。

（高东俊）

jiangzhuang zhayao

浆状炸药 (slurry explosive) 由可燃剂和（或）敏化剂（又称敏感剂。用以提高混合炸药起爆感度的物质。）分散在以硝酸铵为主的氧化剂的水溶液中，经稠化而制成的悬浮状或糊状含水炸药。

浆状炸药主要成分是硝酸铵、硝酸钠、水、其他单质炸药或可燃剂、增稠剂和交联剂。按敏化手段分为单

质炸药敏化的浆状炸药、金属粉末敏化的浆状炸药、只含可燃剂和气泡敏化的浆状炸药三种。①单质炸药敏化的浆状炸药是最初的产品，这种炸药抗水性能好，但成本高、爆轰感度低，不能用雷管起爆，只能用于露天矿大直径有水炮孔爆破。②金属粉末(常用的是涂料级铝粉)敏化的浆状炸药安全性好，爆轰感度较高，作功能力较大，抗水、敏化效果最好，可用于露天和井下爆破。③可燃剂和气泡敏化的浆状炸药(可燃剂是指有机可燃剂，气泡敏化是指采用机械混入气泡、化学发泡剂或气泡载体敏化以提高敏感度)。成本比金属粉末敏化的低作功能力和爆轰感度略低，抗水，适用露天和井下岩石爆破。含有消焰剂的浆状炸药经过检验、批准可以作为煤矿许用炸药在相应瓦斯级别的煤矿中应用。

水胶炸药 硝酸甲胺的微小液滴分散在含有多孔物质、以硝酸盐为主的氧化剂水溶液中，经稠化、交联而制成的凝胶状含水炸药。用途、特性与浆状炸药相同。

(梁煜祥)

jiangdi shuiweifa

降低水位法 (underground water level lowering method) 在即将开挖的井筒(或其它地下工程)周围布置钻孔，从钻孔中人工抽水以降低地下水位，使工作面处于无水条件进行掘砌的凿井方法。

抽水设备有深井泵、潜水泵和压气升液器等。降低水位法有单层含水层降水、多层含水层降水之别。多层含水层降水，各含水层将分别形成降水漏斗，对残余水柱要妥善处理，以便顺利施工。

19世纪末期，伦敦的铁路隧道、柏林的地铁施工中均采用过降低水位法。20世纪中期美国的波士顿地下工程、比利时的隧道工程施工中也应用了降低水位法，其后苏联、日本均成功地采用了此法。中国于1952年开始应用，70年代成功地用于大屯矿南风井施工中，80年代又应用于古交屯兰煤矿的矿井施工。

该法适用于含水层渗透系数大于3m/d、厚度不小于3m的中粒及粗粒砂砾层或裂隙均匀的岩层，在深井中必须有隔水层。降水的深度根据地质水文条件、工程特点和设备条件不同而异，一般为30～40m，在乌克兰曾达到130m，中国在大屯矿南风井施工中达到80m。

降低水位法还应用在各种工程基坑的施工中，称为轻型井点法。

(张永成)

jingbi diaogua zaojing guanlan

井壁吊挂凿井管缆 (fixing of pipelines and cables on shaft wall) 将凿井用的管路、电缆直接固定在井壁上，根据井筒施工需要，在井内吊盘上接长、拆卸管路和提放电缆。井壁吊挂管路有锚杆吊挂和钢梁吊挂两种方法。

(1) 锚杆吊挂管路。在井壁上按设计位置安设锚杆，通过环链或拉杆将管路吊挂在锚杆上。亦可将锚杆端头与悬臂钢梁连接，将管路用U形管卡固定在悬臂钢梁上，见图1。锚杆吊挂管路结构简单，施工方便，适应各种结构井壁，但不宜悬吊多趟重型管路。

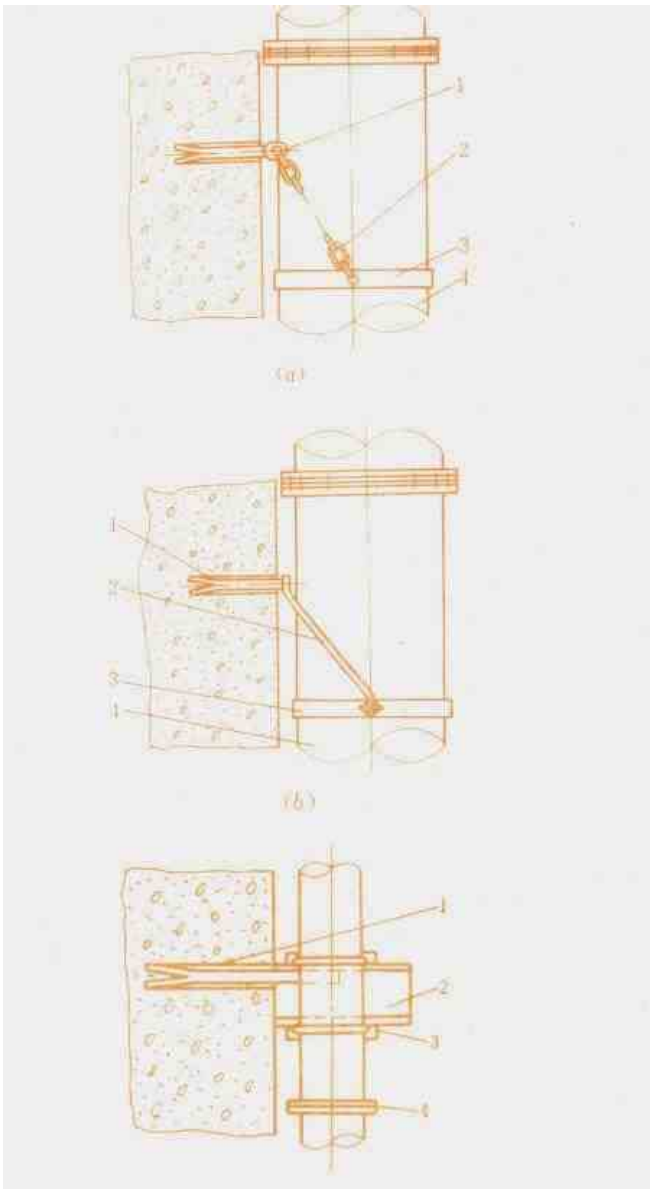


图1 锚杆吊挂管路

a—锚杆环链吊挂；*b*—锚杆拉杆吊挂；*c*—锚杆悬梁吊挂
1—锚杆；2—环链、拉杆或悬梁；3—管卡；4—管路

(2) 钢梁吊挂管路。将凿井管路卡固在井壁预埋的专用悬臂钢梁上，或挂卡在永久罐梁和梯子梁上，见图 2。用钢梁吊挂承载能力大、安全可靠，并能够集中

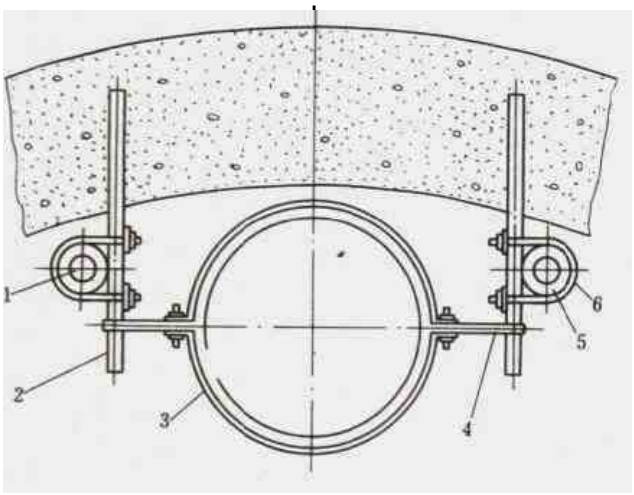


图 2 钢梁吊挂管路

1—供水管；2—悬梁；3—风筒；4—风筒卡子；5—压风管；6—U 形卡

吊挂多趟管路，但预埋钢梁作业复杂，适用于管路较多的大型井筒，并有预埋钢梁的条件。

井壁吊挂凿井管路的位置，宜靠近提升吊桶一侧，便于下管和安装。吊挂应采用风筒、压风管和供水管等联合集中布置方式，使吊盘只留一个升降管路孔口，以保持吊盘结构的稳定性。管路和卡固件与井壁之间应留出适当的安拆、检修间隙。为了克服预留或现凿梁窝给施工造成困难，可在金属整体模板上预留孔门，在井壁内预埋螺栓，接管时，用螺母将悬臂钢梁与预埋螺栓连接。这种结构安拆方便、井壁无孔洞、防水性能好。

井壁吊挂凿井管路所需设备少，费用低，井内外设备布置简单；管路靠近井壁固定，井内空间大，有利施工安全并减轻了井架施工荷载，为使用生产井架凿井创造了条件。

今后需要研究立井表土冻结段和长段单行作业应用井壁吊挂凿井管路的可能性，解决混凝土输送管路井壁吊挂存在的技术难题，改进固定卡件结构，做到安全可靠、使用方便，使井壁吊挂凿井管路技术得到广泛的应用和发展。

参考书目

沈季良等主编，《建井工程手册》，煤炭工业出版社，1986。

（房延贤）

jingdi chechang

井底车场 (shaft bottom) 位于开采水平，在井筒附近的各种巷道和硐室的总称，是连接井筒提升和大巷运输的枢纽。它担负对煤炭、矸石、伴生矿产、设备、器材和人员的转运，并为矿井通风、排水、动力供应、通信、安全设施等服务。井底车场位置，宜在确定井筒位置和开采水平标高时统一考虑。应避开断层、破碎带、不稳定地层、强含水层和含有较强有害物质的地层。

井底车场设计时要充分考虑井底车场布置要素，设计内容包括井底车场形式、井底车场线路、井底车场调车作业、井底车场通过能力等。

井底车场布置要素 ①矿井设计生产能力和开拓方式；②井筒形式、位置、用途、平、断面布置，与主要运输大巷(或石门)的相对关系；③提升容器的类型，提升装、卸载及矿井进、出车方向；④大巷运输方式、设备规格、列车组成、掘进煤的运量及处理方式，井下人员的运送方式；⑤井上、下生产系统布置；⑥矿井瓦斯涌出量及通风方式；⑦各种硐室的有关资料；⑧矿井水文地质条件及涌水量；⑨车场通过能力要有一定的

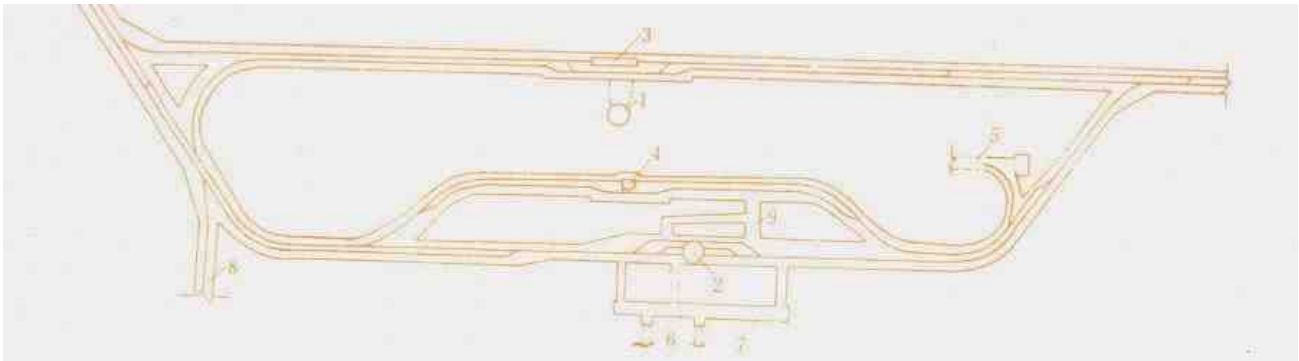


图 1 立井井底车场示意图

1—主井；2—副井；3—底卸式矿车卸载站；4—矿车翻车机硐室；5—清理撒煤斜巷；6—主排水泵房；7—主变电所；8—水仓入口；9—等候室

富裕系数，井巷工程量要少。

井底车场形式 按矿井开拓方式分为立井井底车场、斜井井底车场、立井和斜井联合井底车场、暗井车场等。

立井井底车场 典型的立井井底车场形式见上页图1。按布置方式分为环形式井底车场（矿车列车作环状运行的井底车场。包括环形卧式、环形立式、环形斜式）、折返式井底车场（矿车列车在同一条巷道的两条或两条以上轨道折返运行的井底车场。包括梭式折返式、尽头折返式、车站式折返式）和环形—折返混合式井底车场（包括环形梭式、环形尽头式、环形多头式）。

(1)环形卧式井底车场。主副井空重车线与主要运输巷平行，利用主要运输巷作回车线及调车线（图2*a*）。两翼开来的重列车分别驶过重车线侧的三角交岔点后，机车停车反向，将重列车经三角岔道顶推入主（副）井重车线，机车再经主要运输巷驶向主（副）井空车线，挂空车驶向采区，该车场调车比较方便，但机车在弯道上顶推列车不够安全，当井筒距主要运输巷较近时，可采用这种车场。

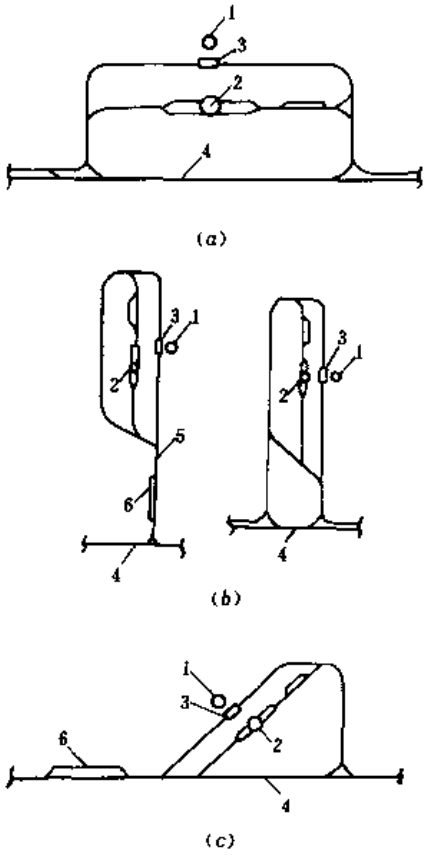


图2 立井环形井底车场示意图

a—卧式；*b*—立式；*c*—斜式

1—主井；2—副井；3—卸载站；4—主要运输巷；5—运输石门；6—调车线

(2)环形立式井底车场。上副井空重车线与主要运输巷垂直。根据井筒距主要运输巷的远近，又分为环形立式单侧车场（又称刀式车场）和环形立式双侧井底车场，见图2（*b*）。

环形立式单侧井底车场的井筒距主要运输巷的距离大于重车线长度，当以主要运输石门联络运输巷时，采用这种车场。当进车线为单轨线路时，车场通过能力较小，采用甩车调车或牵引机车不摘钩顶前列车的调车方式，或布置双轨线路时，可提高车场通过能力。

环形立式双侧井底车场的井筒距主要运输巷有重车线长度时，可采用这种车场。利用主要运输巷作调车线，但要设车场回车线，两翼驶来的重列车，需经重车线侧的交叉点在弯道上顶推入场，机车再往主要运输巷驶向主副井空车线，挂空车驶向采区，车场通过能力较大。

(3)环形斜式井底车场（图2*c*）。主副井空重车线与主要运输巷斜交，利用主要运输巷作调车线及部分回车线，右翼来重列车驶过重车线侧交岔点后，顶推重列车入主副井重车线较为方便，左翼驶来的重列车需在主要运输巷调车线上调车，则影响其它列车的运行，车场弯道角度较小，对机车顶推列车较有利。当井筒距主要运输巷较近，且受地面出车方向限制时，多采用这种车场。

(4)梭式折返式井底车场（图3*a*）。主井空重车线，完全利用主要运输巷铺双轨，一股道作为主井的空重车线，另一股道作为通过线，机车在直线段顶推重车比较安全，调车时牵引机车要在两股轨道上折返运行，占用了调车线及通过线，使其它列车不能进入车场，且有一翼调车不方便，故车场通过能力较低。采用甩车调车或牵引机车不摘钩顶前列车的调车方式时，可缩短调车时间，提高车场通过能力。该车场巷道交岔点及弯道少，井巷工程量少。

一般地说，立井折返式井底车场通过能力大，适用于各种井型的矿井，要比环形式车场线路短，弯道少；列车在直线上运行，速度快，较安全；具有独立的调车线路，空重车线往返在一条巷道内，不受辅助运输的干扰；列车在车场运行的时间显著减少，宜于矿车定向装卸载，特别适用于底卸式矿车运行。

(5)尽头折返式井底车场（下页图3*b*）。与梭式车场相似，不同点是车场的一端进出列车，另一端为尽头，它通过能力小。在主井两侧布置两条尽头式车线，中间加一条公用的重车进车线或机车回车线，可提高车场通过能力，并可满足生产两种牌号煤和布置两套提升系统的要求，此车场需解决尽头通风问题。

(6)车站式折返式井底车场（下页图3*c*）。将提升

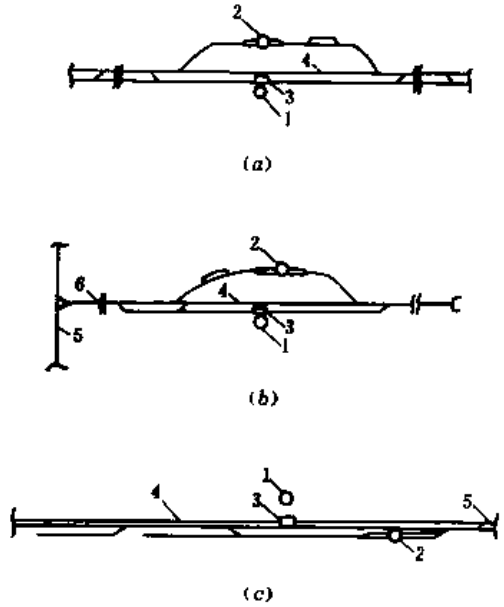


图 3　立井折返式井底车场示意图

a—梭式；*b*—尽头式；*c*—车站式

1—立井；2—副井；3—卸载站；4—通过线；5—主要运输巷；6—主要运输石门

井筒附近的一段运输巷掘砌成大断面直线多轨巷道，配车线路与地面铁路车站相似，车场通过能力较大，由于断面很大，掘砌施工比较困难，必须布置在稳定的岩层中。

(7) 环形梭式井底车场（图 4*a*）。主井车线为梭式车场与副井车线为环形车场组成的混合式车场。

(8) 环形尽头式井底车场（图 4*b*）。在主井重车线的延长线上，布置一条尽头顶车线。从主要运输巷来的重列车，直接拉入尽头顶车线，反向后，在直线上把重列车顶入主副井重车线。

(9) 环形多头式井底车场（图 4*c*）。主副井空重车线的两端均布置有三角交岔点，与两翼主要运输巷相接，空重车既可直接出入车场，也可在车场内环行，通过能力大，煤流有两条卸载的车线，多适用于底卸式矿车运煤。

斜井井底车场　分为环形式和折返式两类。环形式井底车场又分为卧式、斜式和立式三种；折返式井底车场分为梭式、尽头式和甩车式三种，除甩车式适用于主副井均为串车提升外，其它均适用于主井为箕斗或带式输送机提升，副井为串车提升。

(1) 斜井环形井底车场（下页图 5*a*）。主井线路系统和特点与立井环形车场相同，不同点是副斜井为串车提升，空重车线布置在同一条巷道的两股轨道上。副斜井与井底车场可用平车场或甩车场连接，平车场用

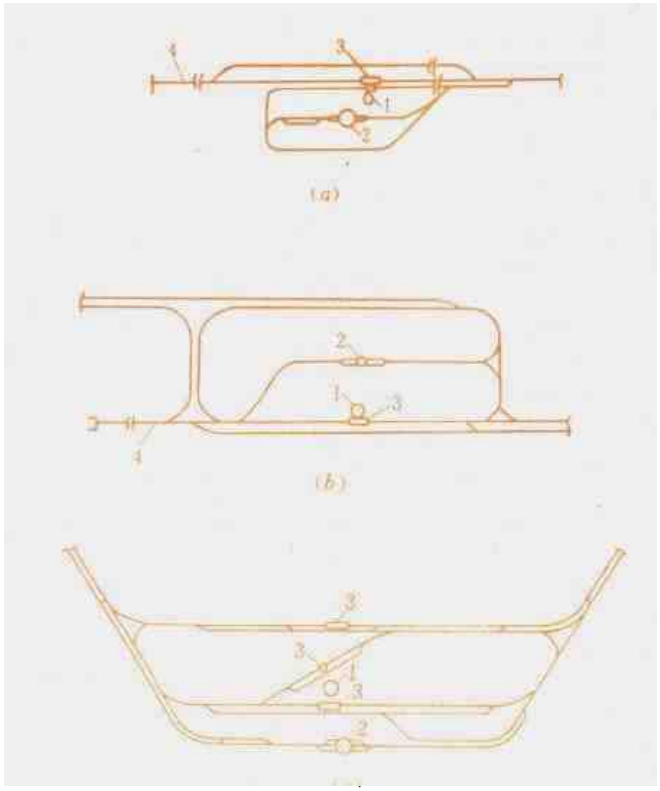


图 4　环形—折形混合式车场示意图

a—环形梭式；*b*—环形尽头式；*c*—环形多头式

1—主井；2—副井；3—卸载站；4—尽头顶车线

于不向下延深的井筒，需要延深的井筒采用甩车场或吊桥式车场。

(2) 斜井折返式井底车场（下页图 5*b*）。主井线路系统和特点与立井折返式车场类似，以梭式车场为例，它利用主要运输巷布置主井空重车线及调车线，副井回车线、空重车线则设于大巷一侧。该车场巷道交岔点少，井巷工程量小，一翼来车可采用甩车调车方式，有利于提高车场通过能力。

(3) 串车斜井单向斜甩式车场（下页图 5*c*）。主井空重车线主要布置在一翼的主要运输巷道内，副井空重车线则布置在主要运输巷的顶板或底板中，用绕道联系，当主副井距主要运输巷有足够的存车长度时，可不设绕道，条件适合亦可将主井的空重车线布置在井底车场联络处与主要运输巷连接的三角交岔点的两翼，副井空重车则用顶板绕道与主要运输巷连接。斜井甩车场，分单道起坡和双道起坡两大类，前者运量小，仅适用于小井或采区；后者运量较大，适用于中小型或大型井的副井。按提升方式不同又分为单钩提升双道起坡甩车和双钩提升双道起坡甩车。

(4) 串车斜井平车场（下页图 5*d*）。利用主要运输巷作为主井空重车线及调车线，副斜井以绕道与主要

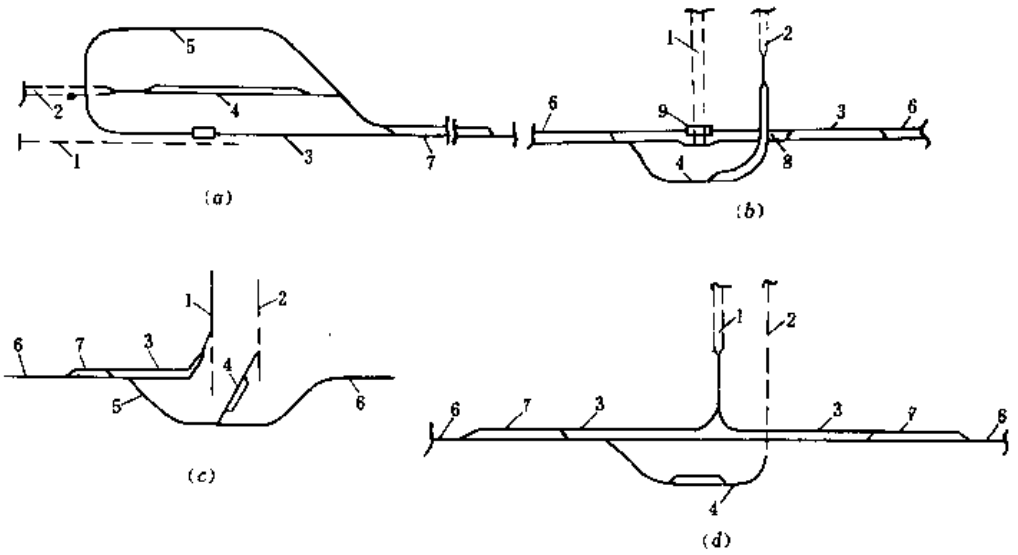


图 5　斜井井底车场形式示意图

a—环形式；*b*—折返式；*c*—串车斜井单向斜尾式；*d*—串车斜井平车场

1—主井；2—副井；3—主井车线；4—副井车线；5　绕道；

6—主要运输巷；7—调车线或尾车线；8—通过线；9—卸载站

运输巷连接，根据井筒倾角大小，可设顶板或底板绕道，该车场实质上也是一种斜井梭式车场。

立井和斜井联合井底车场（图 6）　当主井为带式输送机斜井或箕斗斜井或溜煤井、副井为罐笼立井时，立井和斜井两个井底相距上要运输巷较近，可联合布置成折返式梭式车场，主井空重车线完全利用主要运输巷，在巷道内铺设双轨或多轨，调车工作在存车线旁侧进行，副井空重车线在主要运输巷侧面平行布置，与主要运输巷斜交，既利于调车，也方便通风。

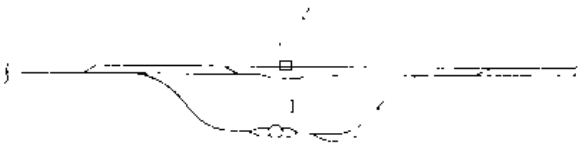


图 6　立井和斜井联合井底车场形式示意图

1—立井（副井）；2—斜井（主井）

当主井为箕斗立井，副井为串车斜井时，井底距上要运输巷较远，可布置成环形立式车场，视具体情况选为单侧式或双侧式，副斜井井底则根据将来是否需要延深，而布置为平车场或甩车场。

暗井车场　它分为折返式车场和环形折返混合式车场两大类，常用于两个水平之间，作为提升运煤的主暗井有箕斗立井、箕斗斜井、带式输送机斜井、铸石刮板输送机斜井、罐笼立井、串车斜井和溜煤井；作为辅助提升的副暗井有串车斜井、罐笼立井。上述主、副暗井根据开拓方式分别组合成各式暗井车场。个别暗井也有一个井筒担负综合提升任务的。

（1）暗井折返式车场（图 7*a*）。主立（斜）井中的任何一种与副立（斜）井中的任何一种，都可组合成折返式车场。暗斜井上部可用甩车场，亦可用平车场。卸载站或罐笼卸载的车场以及装载的车场，则根据牵引机车类型和煤炭装、卸载站的安全要求，选择车场为单道和双道，供机车牵引列车通过卸载站或顶列车折返，

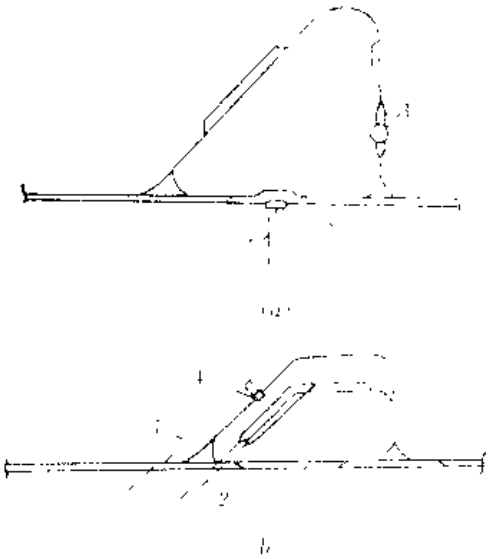


图 7　暗井井口车场形式示意图

a—折返式；*b*—环形折返混合式

1—主斜井；2—副斜井；3—副立井；

4—装载站；5—卸载站

或机车在旁侧进行调车作业。为预防煤尘爆炸，可把装、卸载线和机车通过线隔开，或设两条独立巷道。

(2) 暗井环形折返混合式车场(上页图 7b)。主井有装(卸)载站，回车线可以环形；副井有串车斜井车场，一般为单巷双车道，井底空重车均存放在这条巷道内。主副井车线，均使用顶推法调车，需要提高车场通过能力时，则可使用甩车调车。

井底车场线路 车场内供列车运行、调度及存放空重车辆的轨道系统，它与车场型式有关。主要有主井卸载站或主井(斜井)甩车场(或平车场)线路、主井空重车线、副井(立井)井筒与井底车场联接处线路或副井(斜井)甩车场(或平车场)、副井空重车线、调车线、回车线、通过线、甩车线以及井底车场各联接点线路组成。线路长度和数目，根据车场布置、生产能力以及设计规范的规定确定。将各种线路组合起来即形成一种特定型式的车场。

主井卸载站及空重车线 卸载站位于空重车线的联接处，卸载方式有翻车机卸载和矿车自动卸载两种：①翻车机卸载站，重车侧设有推车机及阻车器，考虑到车辆进出车场的不均衡性，空重车线长度一般取1.5～2.0列车长度；②自卸式矿车有底卸式和侧卸式两种，中国一般采用底卸式矿车，列车通过卸载站即卸载完毕，空重车线长度各取1列车长度，另加机车长度和列车制动距离，列车滑行过卸载站，机车不过卸载站的空车制动距离须经计算确定，另加10～15m的安全距离。

副井(立井)井筒与井底车场联接处线路 主要取决于罐笼承接装置的形式、矿车进罐方式及阻车器的设置。罐笼承接装置主要有摇台、罐座及托罐机等，井筒需延深或通过式的井筒与车场连接处应设摇台，井筒最终水平可采用罐座，托罐机是与多绳提升设备配套使用的以液压为动力的承接装置。矿车进罐采用自动滚行或推车机，以往常用上方推车机，现已被绳式、链式或液动推车机所代替。复式阻车器是井筒与井底车场联接处进罐线路中常用的一种限速阻车装置，重车侧线路长度是从复式阻车器前轮档至罐笼中心线的距离，空重车侧长度是从罐笼中心线至单开道岔联接点末端的距离。

副井空重车线 大型矿井应能容纳1～1.5列车，中小型矿井应能容纳0.5～1列车。在出车线上应设一段双道，作为器材存放及编组之用，其长度大型矿井按容纳10个以上材料列车计算，一般为15～20个材料车，中、小型矿井应能容纳5～10个材料车。

需要增设不同煤种或煤质的专用车线时，其长度一般应能容纳1列车加机车长度和列车制动距离。副井担负部分煤炭提升时，每个井底的空重车线长度应各能容纳1.0～1.5列车。主要运输巷不以列车方式运行时，主、副井空重车线长度应根据提升运输设备能力确定。斜井串车提升的车场存车线长度为2～3钩车串车长度；立井罐笼提升的车场按20～30分钟来车数量确定存车线长度。

回车线、通过线、调车线及甩车线 ①环形车场的回车线应尽量紧凑布置，以减少井巷工程量。②折返式车场或通过能力大的环形车场，一般均设通过线，常布置在主井存车线的另一侧。当通过线过卸载站时，应使两条线路，间距加大，并设隔墙、洒水设施等安全防爆措施。折返式车场为便于与副井存车线联接，通过线应设于靠近副井存车线的一侧，通过线有两种：只通过机车的称为机车通过线，另一种为列车通过线。通过线便于机车在车场内实现单向运输、使下趟列车提前进入车场，从而缩短列车进入井底车场的平均间隔时间，提高车场的通过能力。③折返式车场、采用机车顶推列车调车方式的环形车场均设有调车线，以便机车反向，其长度通常取1列车长。当机车由原地倒顶返回时，调车线长度应包括机车长度。④机车牵引列车进入井底车场、采用不停车摘钩利用惯性进行甩车，甩车线长度通常取1列车长度。见图8及图5。

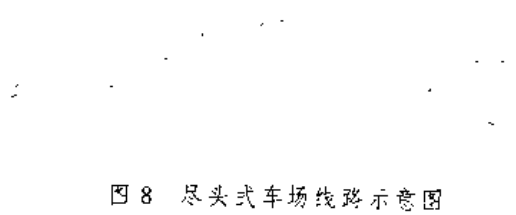


图8 尽头式车场线路示意图

1—主井(箕斗立井)；2—副井(罐笼立井)井筒与井底车场联接处；3—卸载站及其空重车线；4—副井空重车线；5—机车通过线；6—重车进车线；7—百丁；8—主要运输巷

井底车场调车作业 各种车辆在井底车场内的运行作业。调车方式由车辆进出车场的运行线路和卸载或转运方式确定，它影响列车在车场内的运行时间和相邻列车进入车场的间隔时间，从而影响车场的通过能力。调车方式因矿车类型不同而异：固定式矿车有顶推调车、专用设备调车、甩车调车、顶推拉调车；底卸式矿车的列车为折返式调车，有机车摘钩顶重列车过卸载站、机车牵引重列车过卸载站、机车摘钩进入通过线用牵引绳牵引列车过卸载站等方式。

顶推调车 机车牵引重列车驶入井底车场调车线，机车摘钩后绕至列车尾部，将列车顶入主(副)井重车线，该方式调车时间较长，影响车场通过能力，多

用于立式车场。三角点调车是顶推调车方式的另一种形式，机车牵引重列车过三角点的两组道岔后，机车将列车推至主(副)井重车线，该方式机车在弯道上顶车作业，安全性差，多用于卧式车场、斜式车场、或立式车场。

专用设备调车 在调车线上设置专用调车机车、调车绞车或钢丝绳推车机等设备，当机车牵引重列车驶进调车线后，机车摘钩驶向空车线牵引空车，调重车作业由专用设备完成。

甩车调车 机车牵引重列车行至分车道岔前10～20m减速并在行进中进行摘钩，机车加速驶过分车道岔后，将道岔搬回原位，重列车借助惯性驶向重车线，或通过链环推车机或用钢丝绳牵引重列车驶向重车线，这种调车方式简单，可增加车场通过能力，但要求机车司机掌握减速、加速等技巧。

顶推拉调车 调车线上始终存放一列重车，当下一列重车驶入调车线的同时将原存重列车顶入主井重车线，新牵引进的重列车存放在调车线内。该方法避免了机车绕行至列车尾部顶车的麻烦，但造成了机车的短时间过负荷，且只限于同方向进重车。

机车摘钩顶重列车过卸载站 机车牵引重列车驶入车场重车线，机车摘钩至尾部顶原存放的重列车过卸载站，再单机绕至空列车尾部，牵引空列车驶出车场。

机车牵引重列车过卸载站 有三种作业方式：①双机牵引，机车为一前一后，同步运行，前拉后顶重列车通过卸载站卸载后反向经卸载站侧通过线驶出井底车场；②机车牵引重列车通过卸载站卸载后，牵引空列车进入调车线摘钩，机车返至空列车尾部，牵引空列车驶出井底车场；③机车牵引重列车通过卸载站，空列车进入调车线机车摘钩，由调度机车反向牵引空列车驶出井底车场，原机车充当调度机车。

井底车场通过能力 井底车场按列车运行图表计算的年运输量。

车场通过能力，由车场形式、机车能力、矿车类型和容量、煤和矸石运量、每列车牵引矿车数量等已知条件计算。首先计算各种列车在车场内的运行时间，再按各种列车的配比，编制井底车场调度图表，根据调度图表，计算列车进入车场的平均间隔时间或每一调度循环时间，从而计算出车场的通过能力。各种列车在车场内的运行时间，系根据车场平面线路图将整个线路划分为若干区段后计算确定，并绘制出运行图表。通常按下列原则划分区段：①一台机车或列车未驶出之前，另一台机车或列车不能驶入的线路，应划分为一区段；②区段划分必须考虑设置信号的可能性和合理性；③对通过线或有跟踪列车或机车行驶的线路，区段划分不宜过多过密。车场调度图表是各种列车在井底车场内各区段的总运行图表，根据矿井各翼各种矿车的运量比(或运量)和净载重量确定。矸石车的调运有两种方式：一种是煤矸混合列车，另一种是单独的矸石列车，一般按煤矸混合列车运行编制。编制调度图表时，应使同一区段内只有一台机车(或列车)运行，在一个区段内前出后进的两台机车或列车，应考虑有适当的安全间隔时间，一般不小于30秒，同时还应满足机车信号要求。

采用矿车运煤、矸时，井底车场通过能力可按下式计算：

$$N=\frac{2.52mG}{1.15\ (1+K)\ t_s}\times 10^5 \qquad (1)$$

当一个循环的车次较多或列车的种类复杂(如有底卸式矿车、担负掘进的煤车和矸车、或者还有分装分运列车)可按下式计算：

$$N=\frac{2.52Q}{1.15T}\times 10^5 \qquad (2)$$

式中 N 为井底车场年通过能力，t；m 为每列车的矿车辆数；G 为每辆车的净载重量，t；K 为矸石运出量占煤产量的百分率；t_s 为列车进入井底车场的平均间隔时间，min；2.52×10^5 为每年运输工作时间，按年工作日300d，每天14h计算，min；1.15为运输不均衡系数；Q 为每一调度循环进入井底车场的所有煤列车和载有煤的混合列车的净载煤量，t；T 为每一调度循环时间，min。

井底车场通过能力，一般应大于井底车场所需能力的30%。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

冶金工业部南昌有色冶金设计院编，《冶金矿山井巷设计参考资料》，冶金工业出版社，1979。

淮南矿业学院井巷设计编写组，《井巷设计》，煤炭工业出版社，1983。

中国矿业学院等院校编，《采煤学》，煤炭工业出版社，1979。

(黄 勇)

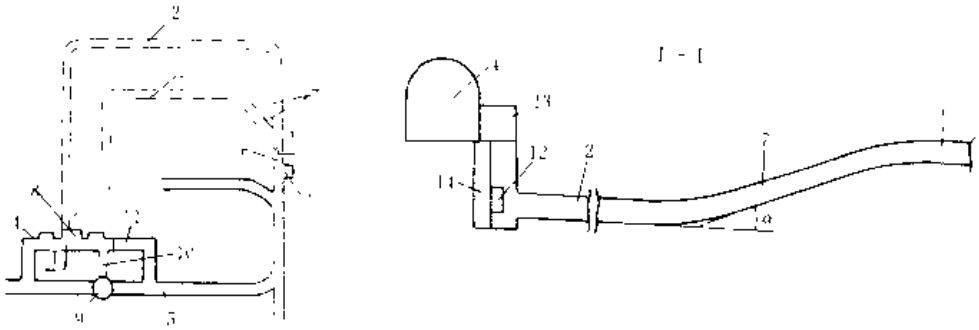
jingdi shuicang

井底水仓 (shaftbottom sump) 通常设置在井底车场内，用以贮存井下涌水的巷道组。水仓一般由主仓和副仓两个独立巷道组构成，一仓清理另一仓正常使用。水仓设计包括水仓布置、水仓容量、清理方式及沉淀池硐室等四部分内容。

水仓布置 根据井底车场形式、主排水泵硐室位置和围岩条件，与车场同时设计。水仓布置分：单翼布

置和双翼布置两种：①单翼布置是主、副水仓合用或分设配水井，水仓入口设在井底车场或运输大巷一翼，一般用于矿井涌水量不大、井底车场线路坡度无特殊要求的矿井；②双翼布置是水仓入水口分别设在井底车场或运输大巷两翼，水仓由一个或两个主仓和两个副仓组成，每个水仓都有各自的配水井，当矿井两翼涌水量大、清理水仓工作量大，或井底车场线路坡度与水沟坡度不相适应时，双翼布置能较好的解决两翼排水和清理水仓问题。

水仓入口设在井底车场巷道或运输大巷的最低点，矿井涌水经水仓通道和清理斜巷进入水仓。水仓入水口前设箅子，矿井涌水带有大量杂质时，需设沉淀池。水仓巷道一般向吸水井方向呈1‰～2‰的上坡，以利于污物沉淀及清理运输。清理水仓斜巷一般坡度不大于20°，清理水仓绞车房常设在水仓通道内，以便于提升清理水仓的矿车。单翼布置的井底水仓见图。



单翼布置井底水仓示意图

1—副水仓；2—主水仓；3—清仓绞车房；4—主排水泵硐室；5—车场巷道；6—水仓通道；7—清理斜巷；8—配水井；9—副井；10—管子道；11—主要泵硐室；12—配水巷；13—吸水井壁龛；14—吸水井

水仓容量 水仓有效容量一般不小于矿井8h的正常涌水量，当矿井正常涌水量大于1000m³/h时，应按有关计算确定，但不少于4h的正常涌水量。采用水砂充填、黄泥灌浆的矿井，水仓容量另加4h昼夜平均充填水量或灌浆水量。水仓断面根据容量、布置条件、围岩和清理水仓机械的需要而定，高度一般不小于2m，水仓巷道顶应低于水仓入口水沟底的标高。水仓巷道一般为拱形断面，料石或混凝土砌碹，混凝土铺底，固定道床铺轨，轨面与底板平。

沉淀池硐室 井下涌水和生产废水进入水仓前用于沉淀的硐室。当矿井水中带有大量杂质时，进入水仓前预先沉淀，减少水仓的清理量，防止淤泥吸入水泵。沉淀池由两个（组）或多个（组）构成，交替使用和清理。沉淀池硐室有流水沉淀和静水沉淀两种：①流水沉淀池是井下水在流动状态下边溢流、边沉淀的方式，适用于一般矿井的沉淀和水砂充填矿井沉淀，可在水仓通道中布置沉淀池或在水仓中设溢流闸墙，沉淀池的尺寸根据矿井最大涌水量、预定沉淀的固体颗粒所要求的平均水流速度和在静水中的平均沉降速度及设计的深度计算确定，当矿井涌水量较大时，可并列设置数个沉淀池同时使用。②静水沉淀池是井下水在静止状态下的沉淀方式，矿井排水对水澄清度要求较高时采用，静水沉淀池由多条使用水仓和备用水仓并联组成，每条水仓沉淀前先关闭出口放入井下水、关闭入口将水在静止中沉淀，澄清后放出清水，再清理水仓周而复始循环使用，备用水仓为突然停泵事故的储水仓。

沉淀池硐室一般为拱形断面、料石或混凝土砌碹，并按清理机械设备的要求用混凝土铺底或以固定道床铺轨。

清理方式 水仓清理有机械及人工两种方式。矿井流水沉淀池布置在水仓通道中时，多用人工或机械（电耙等）清理、装入矿车运出，当沉淀池与水仓联合布置时，用水仓清理机械进行清理。水砂充填矿井沉淀池沉淀量大、清理频繁，多用高效的射流泵清理、泥浆泵排泥，或压气罐清理、密闭泥仓排泥。

参考书目

《煤矿矿井采煤设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

（孙恩棠　袁孔华）

jinghang gongcheng

井巷工程 (shaft sinking and drifting) 研究地层中井筒、巷道、硐室设计和施工基本理论、方法和技术的应用技术学科。井筒、巷道、硐室等是煤矿矿山建设和矿井生产准备的重要组成部分，在矿井建设总工程量中占50%～70%，是决定矿井建设质量和总工期的主要因素。随着矿井开采技术和装备的发展及开采地质条件的复杂化，对井巷施工技术和装备提出了更高要求，施工难度日益增大，因此，有效、安全、

经济地破碎井巷断面内的岩体并维持围岩的稳定生，成为井巷工程研究的核心问题。除煤炭行业外，其它地下采矿行业的井巷、铁（道）路隧道、地铁站线、地下厂房和涵洞的建设，均属于井巷工程的范畴。

井巷工程的基本理论主要研究井巷破岩机理与围岩压力。工程设计是按照矿井生产需要、服务年限、围岩性质，经济合理地确定井巷的断面形状、尺寸和支护结构等。施工是按照设计要求和施工条件采用不同方法和手段开凿井筒、巷道或硐室。

井巷施工方法 按照围岩的强度、整体性、含水量及其赋存的地质环境可以有普通施工法（普通法）和特殊施工法（特殊法）。①普通施工法是指在稳定或含水较少的地层中采用钻眼爆破或其它常规手段掘凿井巷，钻眼爆破法施工的主要工序有钻眼、装药、爆破、通风、排水、装岩、排矸及支护等，提高井巷施工速度和效率的主要途径是：提高各工序主要是钻眼、装岩、排矸、支护等施工机械的性能和配套水平，形成高效能的机械化作业线；采用先进的掘进、支护工艺技术；完善施工组织管理，实现多工序平行交叉作业和正规循环作业。②特殊施工法是在不稳定或含水量很大的地层中采用特殊措施和工艺完成井巷开挖和支护，特殊措施和工艺的主要技术特征一般为临时或永久地加固不稳定地层、封堵围岩涌水、降低水位、超前（或同时）支护等，以改善施工作业环境使掘进和支护可以在安全的条件下正常进行。

按照破岩方法，井巷施工可分为钻眼爆破法和掘进机（钻井机）法；掘进机（钻井机）法是利用掘进机（钻井机）刀具的截割、碾压、楔劈作用破碎岩石的掘进方法。

井巷工程研究方法 分为科学实验与理论研究。科学实验包括现场观测和室内试验。通过现场长期观测，积累实测数据结合室内试验找出岩体破碎及稳定性的有关参数，为理论研究提供依据。理论研究是对井巷断面内岩体破碎的规律、围岩的压力及稳定性等进行定性研究和定量分析及计算。理论研究主要以爆破学、岩石力学的理论为指导。20世纪60年代以来，电子计算机和有限元法以及模拟技术的广泛应用，使理论研究的成果更接近于实际，对井巷设计与施工起了重要的指导和推动作用，由于岩体的力学性质和结构复杂多变，统一固定的内在变化规律尚需进一步研究探索。

井巷的起源与发展 井巷工程作为一门独立的学科出现大约是在20世纪中前期，然而，人类为开采地下矿石而开凿井巷的历史却是相当悠久的，其中中国人开凿井巷的历史就可追溯到公元前数个世纪。随着社会工业的发展和技术的进步，井巷工程技术也得到了相应地发展和进步。有关专业学科的科学研究成果，推进了井巷工程的科学化、理论化和系统化，从而形成了专门的应用技术学科。

中国早期的井巷利用与开凿 1974年“中国湖北大冶铜绿山东周铜矿遗址调查”，证实，公元前770年中国人已开始利用坑道进行采矿，至公元前256年，矿井地下已经是巷道纵横交错有致、日形成了较完善的排水与提升系统，并采用了方形框架的支护结构。春秋时期（公元前770年至公元前475年）出现的立井和斜井，井深达垂深40m左右。战国时期（公元前475年至公元前221年）已有采深50m以上的矿井和由立井、斜井、平巷等组成的开拓系统。

1920年出版的《山西矿务志略》中记载，古代立井井口多用石砌，井壁材料有砖、扇面石、荆笆、柳笆等。唐朝唐宪宗时代（公元806～821年）开采银、铜、锡、铁的矿坑就有百余处，据河南鹤壁市对宋代（公元960～1279年）古煤矿遗址调查显示：井筒为圆形立井，直径2.5m，深达46m左右；井筒位置选在各采煤区的中部；矿井巷道已分为断面较大的主要运输巷是和通往采煤工作面断面较小的巷道，形状为上窄下宽有利于顶板维护，总长达500m；用辘轳提升，巷道两壁开凿灯龛设置油灯照明，低洼处设积水井集中排水等。元代（公元1271～1368年）出现深250m以上的盐井。

明代宋应星1634年所著的《天工开物》对当时煤炭井下开采的实况描述是：“……或一井而下炭纵横广有，则随其左右阔取。其上枝板，以防压崩耳。凡煤炭取空，而后以土填实其井。”该书还附有采掘、通风、排水、顶板支护及提升等工艺插图。

公元17世纪以后，火药开始在采矿破岩作业中应用，采用人工冲击法在岩石中钻眼（眼孔直径15～20mm、眼深0.6～1.0m）来装填火药，对井巷开凿作业有了一定的突破，但在上述的历史时期中，整个生产方式还都处于比较原始的状态，因此，无论是煤炭采挖或井巷的开凿，全要靠人力手工进行的。

井巷工程技术的发展 蒸汽机的发明和电力工业的兴起，变革了整个的社会工业面貌，工业用煤量大幅度地增长也促进了煤矿建设和井巷工程技术的发展，机械制造、爆破器材，建筑材料等工业技术的发展和相应的科学研究成果，对井巷工程的技术面貌有着标志性的历史意义。

19世纪以后出现了人工旋转式钻机、汽钻、风钻等凿岩机械，大大加快了钻眼的能力和建设。在20世纪中期进一步研制成功了高频凿岩机、重型凿岩机及

凿岩台车等设备，提高并完善了钻眼工序机械化高效化的进程。

在凿岩设备发展的同时，爆破器材方面发明了火雷管及导火索，继而是硝化甘油，硝铵等新型炸药的出现，对井巷爆破技术的发展起到巨大的推动作用，其后瑞典、美国、加拿大等利用破岩机理的研究成果，应用了光面爆破、预裂爆破新技术，提高了井巷掘进破岩效果和成型质量。

19世纪后，水泥、混凝土和高性能金属材料的出现，拓宽了井巷支护材料的选择范围，也使支护结构和支护工艺的改革成为可能。1912年美国最先在煤矿用锚杆支护顶板，改变了过去围岩外部支撑方式，开辟了支架与围岩共同作用维护巷道的新途径。

19世纪初，法、英、德等国家开始开采赋存于复杂水文地质条件下的煤田，井巷特殊施工技术得到了发展，在欧洲相继出现了沉井法、注浆法、冻结法、钻井法和帷幕法等特殊施工方法，极大地提高了井巷施工的工艺水平，扩大了井巷掘进的适应范围。

井巷工程学科的形成 随着社会生产工业化的发展，地下采矿和地下工程建设项目日益增多，特别是煤炭工业进行了巨大的基本建设工程，不仅对井巷工程设计、施工和组织管理等方面提出科学、优质、高效、快速、安全的综合目标，而且要求在总结升华实践经验的基础上对不断出现的新的工程问题给予科学的预见性的指导理论，这些目标和要求的逐步实现和逐步完善也促进了井巷工程专业学科的建设。

原苏联是开展井巷工程学术研究较早的国家，其成果也是卓著的。

20世纪初普罗托吉雅可夫(М. М. протодьяконов)教授在矿井支护压力的研究中创立了自然平衡拱理论，提出了岩石强度指标(岩石强度系数)。1934年秦巴列维奇(П. М. цимбаревич)编著的《岩石力学》是论述矿井支护设计计算方法最早专著，对采矿工程地压计算及支架结构设计具有重要意义。同期普罗托吉雅可夫还编著了《井巷工程》一书，对井巷的断面设计及选择、支护方式和结构、爆破工艺及基本理论、施工方法的劳动组织等作了全面的论述，概括了井巷工程的基本内容和基本理论，对专业学科的普及以及学科的深入研究起到了奠基和先导作用。

20世纪初，美国、英国、德国、原苏联等国家开始采用掘进机开凿地下巷道的试验，开辟了巷道综合机械化施工的新途径。20世纪30年代至40年代研制了多种形式的掘进机并在煤矿中应用，掘进速度和工效大幅度提高，收到了良好的使用效果，随后得到了推广应用。

20世纪以后，钻眼爆破和岩石力学的发展，特殊凿井技术的应用，新型掘进机械的研制和科学管理水平的提高，使井巷设计、掘进破岩、围岩控制等基础理论和应用技术日臻完善、形成了较为完整的应用技术学科。

1964年拉布谢维茨(L. V. Rabcewicz)教授总结一批奥地利软岩隧道施工经验后创立了以实测和科学分析相结合为核心的新奥地利施工方法(新奥法)推动了实测技术的发展，也使井巷围岩应力状态的研究跨入了一个新阶段。

随着开采条件的复杂化和井巷工程科技的发展，井巷施工设备趋向大型化、系列化、标准化，完善设备性能和配套水平，增加其可靠性从而带动了施工工艺的改革和促进管理水平的提高，求得稳定的高速度和高效益。

这些专业学科的理论研究成果不仅有效地指导了工程实践，也促进了学科研究的发展，井巷工程成为采煤(矿)专业学府的必修课程或专业科系，岩石力学、钻眼爆破、施工机械和施工组织等的相关科研机构、学术组织和技术书刊的创立，也标志着这一专业学科的日异成熟和完善。

展望 20世纪50年代以后，中国在引进世界先进工业技术的同时，也引进了煤炭开采和井巷工程等方面的科学技术，组建了教学和科研的专业院所，广泛地开展了对井巷工程及其分支学科钻眼爆破，井巷支护、岩石力学等方面的普及教学和深入科学研究工作，在大规模工程实践的基础上，改善井巷工程的技术面貌，实现了矿井建设工程设计现代化、施工机械化、组织管理科学化的预定目标，在凿井设备系列化、井巷快速掘进、井巷特殊施工、软岩巷道支护与围岩分类方法、岩(煤)巷掘进机以及矿井建设施工组织中的线性规划和统筹方法……等方面的实践或科研中，都取得了相当高水平的成果。

同期，国际上与井巷工程相关的实践和研究也得到繁荣和发展，学术活动规模化、国际化，特别在岩石力学研究方法和研究手段、巷道掘进机与立井掘进机的研制等方面，获得了突破性的成果。井巷工程研究的主要对象岩体和施工条件多变，施工技术复杂，仍有不少需要研究解决的问题：①井巷围岩变形产生的地压还不能精确计算，支护结构强度无法准确设计，影响井巷支护的可靠性和经济的合理性；②井巷施工机械的发展不平衡，结构复杂，成本高，可靠性、适应性差，配套水平和综合生产能力不高，制约了施工速度、效率的提高，③井巷施工方法、工艺与施工机械化没有同步协调发展，随着大型、重型施工机械的使用，井巷施工

作业方式、硬岩深孔爆破技术、软岩巷道支护、深井长巷道特殊施工方法的工艺技术等还存在许多与其不相适应的技术问题要解决；④井巷施工组织管理工作与高度机械化施工的要求还不适应。

随着大型矿井日益增多，井巷断面和长度不断加大，今后井巷工程研究、发展的趋势：①深入基础理论的研究，探索不同地层中井巷掘进破岩机理以及围岩压力变化的规律；②发展适应不同条件的井巷施工机械，特别是断面和长度都比较大的井巷施工机械，要能力大、性能好、成本低、使用方便并具有较高的综合生产能力，提高井巷掘进综合机械化与自动化水平；③研究新型高性能爆破器材和支护机具，提高爆破和支护效果及其机械化水平；④研究各种复杂、困难条件下的井巷施工工艺技术，如大断面、深井（巷）的特殊施工工艺和高构造应力区、高地温带井巷施工技术等；⑤研究和运用现代科学方法组织井巷施工，采用电子计算机等现代化手段和系统工程等科学方法进行管理。

参考书目

井巷工程丛书编写组编写，《井巷工程》（第一至第六分册），煤炭工业出版社，1979年—1980年。

中国矿业学院等院校编写，《井巷工程》，煤炭工业出版社，1984年。

淮南矿业学院井巷设计编写组编写，《井巷设计》，煤炭工业出版社，1983年。

董方庭等主编，《井巷设计与施工》，中国矿业学院出版社，1986年。

李赤波编，《建井工程材料》，煤炭工业出版社，1984年中国矿业学院主编，《特殊凿井》，煤炭工业出版社，1981年。

西安矿业学院主编，《采掘机械》，煤炭工业出版社，1981年。

杜石然等编著，《中国科学技术史稿》，科学出版社，1982年。

中国古代煤炭开发史编写组著，《中国古代煤炭开发史》，煤炭工业出版社，1986年。

（刘绍发　房延贤）

jinghang shigong

井巷施工 （sinking and drifting）　进行井巷掘进及永久支护和配套工程施工的作业。

井巷施工受工程地质、水文地质变化和作业环境困难的影响，施工对象、施工条件多变化，施工安全问题多，施工技术管理复杂。根据岩层性质、稳定程度和涌水量大小，井巷施工分为普通施工法和特殊施工法。按掘进破岩方式，井巷施工又分为钻眼爆破法和掘进机（钻井机）法。普通施工法应用比较广泛，主要是用钻眼爆破的方法掘进，随着机械化程度的提高，使用掘进机（钻井机）掘进的比重逐步增大。井巷施工要求一次成巷（井），作业方式有平行作业、单行作业，混合作业等。

钻眼爆破法掘进主要工序包括：钻眼、装药、爆破、通风、装岩、运输、提升、排水等。井巷永久支护20世纪70年代前后，多采用木质或金属棚子和石材、混凝土整体砌等形式。80年代后期，锚喷支护在井巷施工中得到推广使用，它施工工艺简单，质量可靠，适应性较强，但在膨胀性岩层，松散岩层及含饱和水、腐蚀性水的岩层中应用受到限制，同时还存在粉尘大、回弹率高等有待解决的问题。

掘进机（钻井机）法掘进是利用机械方法破碎岩石，其主要工序破岩、装岩、排矸，支护等实现了综合机械化，具有机械化程度高，施工安全，工程质量好等优点，但由于其设备费用高，掘进硬岩时刀具消耗量大，对掘进断面及长度的适应性不如钻眼爆破法，目前除在软岩井巷施工中采用的比重增长较快外，其它井巷施工仍以钻眼爆破法为主。

特殊施工法主要通过加固围岩、超前支护、封闭含水层、降低水位等方法实现在不稳定或含水量大的岩层中井巷正常掘进和永久支护作业，主要采取冻结、钻井、注浆、沉井、帷幕等技术措施。

实现井巷优质、安全、低耗、快速施工主要是提高各工序特别是破岩、装岩、排矸、支护等主要工序施工机械化水平，采用先进的掘进、支护方法和工艺技术，加强施工组织管理工作，实现多工序平行交叉作业和正规循环作业。

井巷工程量在矿井建设总工程量中占的比重大，施工周期长，是影响建井工期的主要因素，其中决定矿井建设总工期的，只能按一定顺序依次施工的一系列井筒巷道，构成矿井建设工程的主要矛盾线称为井巷连锁工程，应优先安排和组织快速施工。

参考书目

中国矿业学院等编，《井巷工程》，煤炭工业出版社，1984。

煤炭部技术委员会组织编写，《煤矿建设》，煤炭工业出版社，1983。

（华泽我　张和林）

jinghang teshu shigong

井巷特殊施工 （special sinking and drifting）

简称特殊凿井，采用特殊技术措施进行井巷施工的作业方法之总称。当井巷围岩为含水冲积层、松软破碎或裂隙富水岩层时，采用普通方法无法施工或不安全、不经济时，需要采用特殊的技术措施以获得稳定的井巷施工条件。这些特殊技术措施的基本作用机理是

超前（或同步）支护、围岩加固、疏干或封堵涌水等，根据其实施手段的主要技术特征形成了冻结法凿井、钻井法凿井、沉井法凿井、帷幕法凿井（在不稳定的表土层中，沿井筒周围钻凿槽孔，灌注混凝土形成封闭的圆形保护墙后，在其保护下，再进行凿井的方法）以及注浆技术、板桩法、盾构法、降低水位法等等。

18世纪末叶，欧洲在开凿井筒时首先采用了木板桩法和沉井法，以通过浅薄的不稳定含水层，这是采矿业中采用井巷特殊施工技术的开端。19世纪中期欧洲工业革命促进了井巷特殊施工技术的发展，英国人在修筑泰晤士河水底隧道时由布鲁诺尔（Brunel）发明了盾构法，法国工程师特雷西（Tracy）首创了压气沉井。19世纪后期德国工程师波茨舒（Poetsch）首先采用了冻结法凿井，金德（Kind）和霍尼格曼（Honigmann）发明了钻井法凿井，蒂金斯（Tietiens）首先采用了地面预注浆技术。其后，随着工业的进一步发展和高新技术的应用，特殊凿井技术得到了广泛的应用，并由立井开凿逐步扩大应用到平巷与斜井的施工。

20世纪中期以前，中国煤炭工业井巷施工技术落后于国际同行业的技术发展，50年代后开始采用板桩法、降低水位法，但随着新的煤矿井田赋存条件的复杂化、地质及水文情况恶化，以及国家技术经济水平的不断提高，才逐步地引进发展了冻结法凿井、钻井法凿井、帷幕法凿井及注浆技术等多种比较先进有效的特殊施工技术，并在实施方法，作业机具及操作工艺等方面有所发展或创新，既弥补了中国特殊凿井技术的空白，又在煤矿生产建设的实践中获得了巨大的技术经济效益，据1993年的不完全统计，近40年来仅在华北、华东、东北等矿区采用各种特殊施工的井筒就有近800个。

井巷特殊施工还应用在其它金属矿山、隧道、堤坝、水工、桥基以及城市建筑等工程上，在煤矿井巷施工中应用比较广泛、也是今后应进一步发展的是冻结法凿井技术、注浆技术和钻井法凿井技术。

（张永成　徐文逵　房廷贤）

jinghang weiyan yingli

井巷围岩应力　（stresses in rock mass around shaft and drift）　又称“再生应力”，曾称“次生应力”。受井巷开挖影响在岩体内重新分布的应力。围岩应力分布特征主要决定于：①原岩（未受采掘影响的天然岩体）应力的大小和方向；②围岩（矿体或采掘空间周围的岩体）的力学性质；③井巷断面形状、尺寸；④围岩与支护相互作用状况；⑤毗邻采掘工程的影响。根据理论分析围岩有弹性应力、弹塑性应力和残余应力三个区（带）。

弹性应力区　与原岩弹性应力比较，切（环）向应力增高、径向应力降低，井巷周围的应力集中，围岩深（内）部应力集中渐趋缓和，因此弹性应力区又称应力升高区，它紧靠原岩应力区。围岩应力沿径向截面的分布决定于井巷断面形状和原岩应力分量间的比值。当原岩应力在圆形截面上均匀分布时，同一半径上的应力处处相同。只出现弹性应力区是自稳的围岩。

弹塑性应力区　当周边的最大应力达到岩石的屈服极限时，开始出现塑性破坏，并向内部扩展。围岩应力进一步重新分布、释放潜能，同时围岩向井巷空间也变形。因此该区的承载能力将呈现沿裂面滑动等不稳定现象，宏观上它属应力降低区。

残余应力区　应力降低区出现后，若支护不能有效控制围岩变形，破坏将扩大、发展，局部围岩将成为块度不同的散体丧失承载能力，形成残余应力区。

应力降低区和应力升高区依次向围岩内部扩展。

井巷断面形状为圆形和椭圆形且围岩为均质时，应力用解析方法计算。实验应力分析技术（如光弹性模型实验）可以近似确定各种形状井巷均质围岩内的应力。一般情况下岩石具有非均质、不连续、各向异性和流变等性态，目前趋向于利用各种数值方法，包括有限单元法、边界单元法等，通过计算机计算各种形状、复杂条件下井巷围岩的应力变化。围岩应力实测工程量大，只在围岩表面和内部选点测量。

（吴振业）

jinghang zhihu

井巷支护　（shaft and drift support）　即为维持井巷及硐室的有效空间，对其围岩采取的人工支撑、加固等措施及其实施过程的统称。按照支架的结构及其作原理，井巷支护分主动型、被动型和混合型三种。

主动型支护是通过加固围岩来保护和提高其自身承载能力，由支架与围岩共同控制围岩的变形和破坏。这一类型支护包括：喷射混凝土、锚杆支护、锚喷、锚网喷联合支护，注浆加固等。

被动型支护是依靠支架阻止暴露后的围岩进一步变形的支护型式，常见的支架有木支架、金属支架、砖石支架、混凝土和钢筋混凝土支架等。

混合型支护是由主动型和被动型相混合的支护结构型式，常用于地压大、围岩变形破坏剧烈、较长时间难于稳定的复杂地层中的井巷支护。

支架指为维护围岩稳定和保障工作安全采用的杆件式结构物或整体式构筑物。通常由杆、板、梁、柱、

墙和拱碹组合而成，外形由井巷断面形状决定。立井支护时多呈圆形；水平和倾斜井巷支架有拱形（半圆拱、三心拱、马蹄形拱等）、梯形和矩形，也有其他形状支架。巷道底鼓明显时，底板也应支撑，形成封闭型（完全）支架。支架结构设计以地压的大小、分布和变化为主要依据，最终经现场试验确定。

井巷围岩 井巷周围的岩体。井巷开凿后，井巷围岩内应力发生变化出现变形和破坏。按力学原理计算，井巷围岩应力发生变化的计算范围为井巷开挖断面最大半径的3～5倍，以外的岩体称原岩或未受扰动岩体。

井巷围岩受原岩应力（天然存在于原岩内的应力）的作用；其变形和破碎又对支架施加地压，这时支架的作用是阻止部分失稳的围岩产生过大的位移，以维持围岩的自稳能力。如支架性能与围岩自稳能力互相匹配，能充分利用围岩自稳能力则能够以较小的支撑力达到维护围岩稳定的目的，这就构成了围岩与支护统一的复合结构体系，称为围岩——支护共同作用体系。井巷支护的目的在于保障这一复合结构体系在其服务期内的稳定。影响这个体系稳定的基本因素包括：①原岩应力大小、方向。一般情况下，埋深越大原岩应力越大，围岩越不易维护。井巷方位与原岩最大主应力正交稳定性最差。②井巷断面的大小和形状。断面越小稳定性相对越好。优化断面形状的重要因素是原岩应力分量间的比值。但最终确定合理的断面大小和形状还需兼顾施工技术、井巷的用途和断面的利用率。③围岩的物理力学性质，如比重、孔隙率、变形、强度、渗透性、流变性和完整性，由于围岩为天然造成，其组成、结构和成因等各不相同，又历经地壳变迁，因此相差悬殊，是影响其稳定性的最主要因素之一。④支护的合理性。不能自行保持稳定的围岩如果能合理地选择支架材料结构和支护方式则可以充分发挥围岩自身承载能力，使围岩——支护复合结构体系稳定。⑤邻近采掘工程的影响会造成巷道周围岩体应力重新分布和移动。凡处于这一影响范围内的井巷其稳定性要变差。

软岩内，深厚表土内矿井深部（高应力区）以及受开采动压影响的井巷围岩的稳定性是地下工程中有待进一步合理解决的重大工程技术问题。

根据井巷周围岩体性质和受力状态参数（又称指标），把井巷围岩的稳定程度分为若干等级，为井巷设计提供计算参数和实用指标，为选择合理的施工方法提供依据。

根据分类指标不同，国内外围岩分类方法有数十种，中国煤炭工业采用的有普氏系数（f）分类法和煤炭系统的五类分类法。随着岩土工程的发展，又新提出围岩松动圈分类法、围岩位移量分类法和围岩动态分类法等，尚待发展完善。

超前支护 超前于掘进工作面进行的支护。在深厚表土、流砂和松软破碎带内开挖井巷，往往不待常规支护形成，围岩即行坍塌，此时超前支护成为有效的防护措施。常用的超前支护方法有锚杆、板桩、沉井、帷幕、冻结和注浆等。

临时支护 井巷断面开挖成型之后，在进行永久支护前为暂时维护围岩稳定和保障工作面安全而进行的支护。临时支护一般采用架设迅速、结构简便的支架。木支架、金属支架和锚喷支护常用作临时支护，冻结法凿井时亦采用砌体支架作临时支护。

临时支护与永久支护的距离，视工作面施工设备布置、排矸运输和施工作业方式等统筹确定。临时支护一般由永久支护取代，有的临时支护为永久支护的组成部分无需拆除。

永久支护 在井巷服务年限内，为维护围岩稳定而进行的支护。一般永久支护结构及其构成材料要经久耐用。按照井巷服务期的长短、用途和重要程度不同，对永久支护有不同的要求。

立井是通风、运输、上下人员、电源及通讯线路、风水管路最重要的通道，服务期最长，因此要求永久支护有高度的可靠性和稳定性，且支架规整、平直，以混凝土及钢筋混凝土支架为主，冻结施工段的立井常采用复合井壁。

井底车场巷道（硐室）、水平运输巷道、总回风巷道等，是矿井的主要生产环节，巷道断面大，服务期长，按其围岩的性质常采用料石碹、混凝土碹、预制混凝土支架、金属支架、锚喷支护以及各种型式的联合支护，即采用两种或两种以上支架共同维护围岩的支护。在中国锚喷支护已成为这类巷道的主要永久支护型式。

采区巷道服务期较短，受采场动、静压影响较大，多采用杆件式支架，采区巷道支护见开采卷“采准巷道支护”。

刚性支架 不使用可缩性材料及结构的、在地压作用下变形或位移很小的支架。料石、混凝土、钢筋混凝土碹以及预制混凝土支架，普通金属支架等属刚性支架。在适宜的围岩条件下，这类支架最大限度地保持了井巷的掘进断面，多用作永久支护。

可缩性支架 又称“柔性支架”。使用可缩性材料或（和）结构，在地压作用下能够适当收缩而不失去支承能力的支架。一般通过合理选择支架结构、材料使其具有适当的可缩量，支护后允许围岩有一定量的收敛变形，充分发挥围岩固有承载能力。一定的支架阻力起到有效减缓或阻止围岩超速变形和破坏的作用。这种

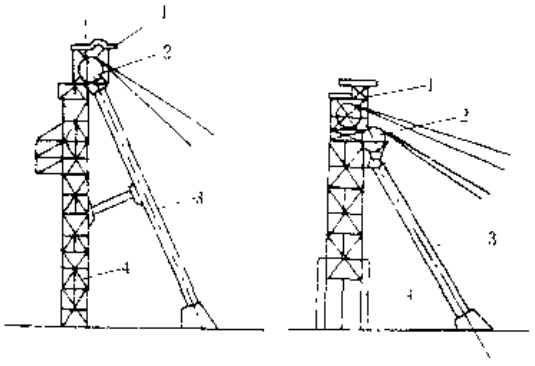
支架符合围岩—支护共同作用原理，是现代支护技术开发研究的主要方向。具有代表性的可缩性支架有可拉伸锚杆、梯形（单、双向）可缩性工字钢支架、可缩性U型钢拱型支架等。一些传统的刚性支护，如料石、混凝土碹等通过壁后柔性填层、双层井壁间的可缩性夹层等获得一定的可缩量，也可明显改善支护效果。

（吴振业）

jingjia

井架 （headframe） 安装天轮和其它设备的构筑物。

井架类型 井架分类方法有：①按提升机的种类不同分为单绳缠绕式提升机井架和多绳摩擦式提升机井架（多绳落地式井架）；②按井架用途分为生产井架、凿井井架和凿井生产两用井架；③按矿井开拓方式分为立井井架和斜井井架；④按井架所用材料分为钢井架、钢筋混凝土井架、木井架、砖砌体井架和混合结构井架；⑤按井架外形分为截锥式井架、斜撑式井架、亭式井架、帐篷式井架、悬臂式井架、塔式井架等；⑥按提升机数目分为单套提升井架、双套提升井架和很少采用的三套提升井架。生产用钢井架的典型形式见图1。



(a) (b)

图1 生产用钢井架典型形式

a—单斜撑一个天轮平台；b—单斜撑上、下天轮平台

1—天轮平台；2—天轮；3—斜架；4—立架

井架结构类型的选择 钢井架多用型钢铆接或焊接制成，用途广泛、型式多、制作安装宜于工业化施工、工期短、重量轻，适用于大中型矿井，在中国得到广泛应用，但易腐蚀、需定期涂漆维护。木井架曾用于凿井井架或服务年限少于15年的小型矿井的生产井架，因木材易腐易燃、服务年限短、承载能力小，目前应用较少，进风井或高瓦斯矿井不应采用。钢筋混凝土井架耐久、耐火性强、承载能力大、维修简单，但自重大，现场制作时占用井口时间长，应用较少。砖砌体井架能就地取材，充分利用地方砖石材料可节约钢材、木材，但井架自重大、抗拉抗弯性能低、抗震性能差，一般适用于高度较低和非地震区的小型矿井的斜井中。混合式井架是立架用钢筋混凝土、斜架用钢材制作，立架与斜撑铰接，以适应地基的不均匀沉陷。

井架设计原始资料 为确定井架尺寸，需有下列原始资料：①井架的地理位置、气象、水文地质和工程地质条件；②矿井用途和服务年限；③井口位置坐标和井口标高；④提升设备的型式（单绳或多绳）、参数、数目（一对相互平衡的容器为一套提升，带有平衡锤的容器亦算一套提升）及提升用途（人、货等）；⑤提升容器的型式（普通罐笼、翻转罐笼或箕斗等）和物重；⑥提升高度（由井底装载水平至地面最高位置）；⑦天轮（又称绳轮。指设置在井架或暗井顶部，承托提升钢丝绳的导向轮。）的规格、间距和重量；⑧卷筒中心线的标高及卷筒中心线至井筒中心线的距离；⑨钢丝绳规格、重量（包括提升钢丝绳，防坠制动钢丝绳、最大工作应力和整根破断力；⑩提升速度（m/s）和正常加速度（m/s^2）；⑪罐道的型式（刚性、柔性）和材料（金属、木、钢绳等）；⑫井架密封要求，如密封时负压值（N/m^2）；⑬井筒施工方法；⑭地震烈度、风载荷等；⑮凿井井架，尚需补充凿井工艺安装在井架上的各种设备和有关荷载。

生产用立井钢井架设计 包括确定井架外形尺寸、结构型式及构造和井架计算三个主要部分。

井架外形尺寸 井架外形型式选定后需要确定井架高度、立架平面尺寸、斜架倾角、斜架横向岔开宽度等主要尺寸。

（1）井架高度指由井口顶面或井口容轨铁路轨顶标高至天轮轴线间的距离，计算简图见下页图2（a），可按下式计算：

$$H=h_1+h_2+h_3+h_4 \qquad (1)$$

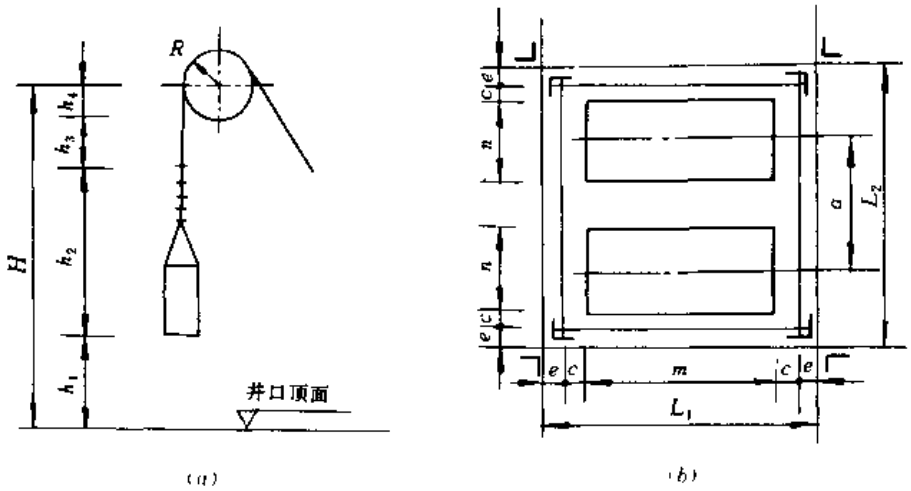
式中 H 为井架高度，m；h_1 为井口顶面标高到出车平面轨顶标高或收矿仓上边缘标高之间的高度，m；h_2 为提升容器底面到钢丝绳挂链最上面的绳卡高度（如为翻转容器，包括卸载时超出收矿仓边缘的高度），m；h_3 《煤矿安全规程》规定的过卷值，m；h_4 密闭井架为 $R-0.5$m，不密闭井架为 $0.75R$，m，R 为天轮半径。

（2）立架平面尺寸计算简图见图2（b），计算公式为：

$$L_1=M+2c-2e \qquad (2)$$

$$L_2=a-n+2c+2e \qquad (3)$$

式中 L_1、L_2 为立架两支柱中心线间的距离，mm；M 为平面内容器外形长度，mm；n 为平面内容器外形的宽度，mm；a 为两容器中心线的距离，mm；c 为安全间



(a)　　(b)

图 2　井架主要尺寸计算简图

a—井架高度分段示意图；b—立架水平截面布置

隙要求的净空尺寸，刚性罐道 120mm，钢丝绳罐道 200mm，对罐座梁与容器间的净空不得小于 60～80mm，e 为弦杆和腹杆构件尺寸，为保证立架有足够的刚度，立架最小边（L_1 或 L_2）尺寸一般不小于井架高度的 1/10。

(3) 斜架承受大部分提升荷载的合力，斜架倾角使钢丝绳合力位于立架和斜架所成的夹角之间，使立架承受钢丝绳合力的 15%～20%是经济合理的。

(4) 为保证井架在侧力（风、地震）荷载作用下有足够的稳定性，斜架两腿一般宜横向岔开。斜架横向岔开的宽度不应小于井架高度的 1/10。

结构型式及构造　①井架头部主要用于支承天轮、天轮检修和安装天轮平台构件（天轮托架或托梁、天轮平台吊车梁及支承架等）。井架头部节点构件宜用铆接，提升能力较小时可用焊接。井架头部设防雷装置。单套提升时天轮可并列布置在同一水平，或上下布置在两个水平同一竖向平面内。双套提升时，提升机可布置在井筒的一侧，或布置在井筒的两侧（成一直线或成直角的两侧），天轮可一个水平或多个水平布置。②井架立架由四片平行弦平面桁架组成，呈矩形空间体系。与提升轴线相平行的两片桁架（正面桁架）腹杆多用交叉式，与提升轴线相垂直的桁架（侧向桁架）主要是承受侧力和保证立架的侧向稳定。立架节间长度应使杆件连接和内部吊挂设备方便，腹杆倾角以 35°～55°为宜，罐道梁间距为 3～4m，故节间一般为 3～3.5m，为保证矿岩运出及设备材料下井等，立架下部要留有一定尺寸的孔口，孔口两侧立柱要加强，形成框架，以抵抗侧向力。立架杆件多用角钢组成，呈十字形，立架构件多用焊接。③斜架用于承受大部或全部提升荷载，保证井架的横向稳定性，斜架有实腹式弦杆和桁架式弦杆两种。斜架腹杆多作成交叉杆系统。④斜架基础多用混凝土制作，为保证斜架正常工作，地基必须有足够的强度和稳定性，顶部高出地面，以免雨水锈蚀底脚和锚栓。⑤井架天轮平台上部应设起重梁，天轮下部宜设接油槽。通往天轮平台、防撞梁平台的梯子，斜度不宜超过 60°，净宽不小于 600mm，踏步及平台宜采用花纹钢板，双面设置栏杆。

钢井架计算　包括井架荷载、井架计算基本假定、地震区井架设计计算等。

缠绕式单绳井架荷载有：①自重，包括头部、立架、斜架、井口支承梁重；②提升钢丝绳工作荷载是容器载重、容器和钢丝绳自重、惯性力、罐耳与罐道间的摩擦力及空气阻力的总和；③钢丝绳断绳荷载，其值为一根提升钢丝绳的整根钢丝绳拉断力、其荷载组合时与另一根钢丝绳的两倍工作荷载的标准值作为事故特殊荷载计算，当双套提升时按一套提升中一根钢丝绳拉断，另一根钢丝绳产生两倍工作荷载，另一套提升两根钢丝绳均为工作荷载；④钢丝绳罐道工作荷载标准值为钢丝绳拉紧力与钢丝绳自重之和；⑤防坠制动钢丝绳工作荷载标准值为防坠制动钢丝绳的拉紧力、制动钢丝绳以及固定在井架上的缓冲绳等自重之和。制动荷载由工艺提供，如无资料，可假定满载罐笼时采用绳端荷载的 3.5 倍，空载罐笼时，采用绳端荷载的 6 倍；⑥活荷载；⑦风荷载；⑧地震荷载。

摩擦式提升井架的提升钢丝绳荷载、工作荷载等按提升工艺提供的数值计算，仅对事故特殊组合以“断绳”概念假定值取用计算，“断绳荷载”中国多数按一侧全“断”、另一侧“断”50%取用；瑞典电气公司按

一侧全部“断”、另一侧“断”75%；原苏联有的按一侧全“断”另一侧“断”25%，也有的按摩擦理论公式推算取用；英、波、德等国按一侧全“断”、另一侧“断”33%。

井架计算基本假定。钢井架的内力和位移，可用软件程序通过电子计算机求解，也可用简化法假定计算，其基本假定是：钢井架为一空间桁架，计算时可简化分解为几榀平面桁架。斜撑式井架立架的正面桁架主要承受提升荷载，侧向桁架承受侧向荷载，斜撑为一平面桁架，分解后的桁架可按静定桁架和超静定解析桁架计算杆件内力；井架上承受各种荷载，设计时按矿井使用过程中的最不利荷载组合来计算。内力求得后，选择截面，截面应满足强度、刚度和稳定性的要求。

地震区井架设计计算应满足《构筑物抗震设计规范》的要求，中国煤炭工业部规定井架属生命线工程。

钢筋混凝土井架设计 钢筋混凝土井架可作成独立的，也可与井口房作成整体建筑（无斜架），独立井架可作成斜架（六柱式）、无斜架（四柱悬臂式）或截锥式。钢筋混凝土井架虽型式与构造不同，其平面设计、高度设计和荷载取用均与钢井架设计相同，其计算简图可分为静定与超静定。装配式预应力钢筋混凝土井架很少采用。

（范宝华）

jingkoufang

井口房 (pit-head house) 为满足井口（指井筒和平硐的地面出入口）提升、运输、煤产品加工作业和矿井通风需要，建于井口上部和井口侧边的建筑物。按井筒型式分为立井井口房、斜井井口房和平硐井口房；按井筒功能分为主井井口房、副井井口房、风井井口房、混合井井口房、矸石井井口房和注砂井井口房；按提升容器和运输设备类型分为箕斗井口房、罐笼井口房和输送机井口房。

主井井口房 依提升容器类别、运输方式和工艺布置决定井口房的工程设计。罐笼提升为单层或多层时，井口房为单层或多层建筑物。箕斗提升时，井口房的层数依工艺布置而定：箕斗受煤仓下部由输送机直接向外部系统转运时，井口房为单层建筑物；当主井井口房（主井井楼）支承受煤仓或与选矸楼联合布置时，宜采用钢筋混凝土框架结构；当箕斗受煤仓由钢筋混凝土井架承重时，井口房可作砌体结构。当主井兼作通风用时，井口房内受煤仓应留有煤柱密闭高度，井口留有安全出口，井口房上段安装防爆门。箕斗井井口房通常与箕斗备用间联合建筑。

副井井口房 为满足矿井辅助提升（提升人员、材料、设备和矸石）和通风（通常为进风）要求，副井井口房常由进车侧段、井口段和出车侧段三段构成。①进车侧段。一般为单层结构，当为多层时，层间高度由罐笼层间高度决定。井口房内设信号间、操车设备控制间和安装井口操车设备（推车机、阻车器、摇台、安装门等）。井口房可与有风机加热室或无风机进风室联合建筑。由于无风机式加热器占用一定高度，井口房常用高窗进行采光。室内窄轨为固定道床。②井口段。该段建筑通常与井架立架、井颈和地下通道统一考虑。提升建筑物为井塔时，井口段包括在井塔内。井口房一般不与井颈整体联结。③出车侧段。用于井口出车、下长材料、下设备和贮存更换罐笼。室内设手动或电动起重机（5t和10t）。井口房为砖砌体配筋或钢筋混凝土排架结构。

风井井口房 风井设有提升设备或专供正常生产人员上下井（斜井）和有通风要求时方设井口房。井口房常与井架密闭统一考虑，有一侧和两侧通行式。为了防止漏风，在井口房设风门2至3道，间距一般为6m。通常不设采光窗，墙壁需作双面粉刷，结构应按不同通风方式（抽出式或压入式）的风压值进行验算。经批准可将防爆门设在水平风道上（例如水封防爆盖）或井口房上段。

主斜井带式输送机井口房主要是安装驱动装置，一般为二层钢筋混凝土框架结构。主斜井箕斗或矿车井口房和副斜井井口房，斜井风井井口房一般为单层混合结构。

混合井井口房、矸石井井口房、注砂井井口房等均可按生产要求设计。

由于井口房与井口关系密切，为了缩短占用井口的工期，井口房宜采用装配式结构。由于凿井对地基土有扰动，设计时需处理好井口房的地基与基础。

（杨荫柏）

jingkou yushi

井口浴室 (mine bathroom) 供职工上下班更换衣服、洗澡及浴后保健用的建筑物。设于煤矿副井井口附近，通过井口浴室内的各项活动可以清除污垢、消除疲劳、补充日光照射、减少职业病，是矿工的一项劳动保护，也是煤矿不可缺少的生产辅助设施。

井口浴室构成 主要包括更衣室、浴室、太阳灯室和洗衣房等。它们相互间有密切的联系，同时又与任务交待室、矿灯房组成一组符合合理人流路线的建筑物。

(1)更衣室与任务交待室、浴室及灯房有着紧密的联系。更衣室是根据全矿原煤生产在籍职工人数另加30%备用量设置更衣柜和凳数设计（也有少数煤矿使

用吊筐）建筑面积，并控制在规定指标以内。更衣柜设置方式分三种：①工作服与家庭服合存于同一衣柜中；②工作服与家庭服分别存于同室或分室不同的衣柜中；③每日领取洁净工作服，更衣柜只供存放家庭服用。更衣室的平面布局应与上述三种方式相适应，室内应通风好和易于冲洗。

（2）浴室与更衣室毗邻，内设淋浴器、洗脸盆及浴池等，其数量可根据原煤生产最大班出勤人数另加30%富裕作为入浴人数计算，并与更衣室的规模相协调。浴池净面积按池浴人数乘人均占用面积0.2m²计算，每20人配备一只淋浴器，女浴室按5%～10%入浴人数设计，每4人设淋浴器一只。浴室要保温，通风好，地坪应防滑、墙面材料应易保洁、天棚能防止冷凝水。女职工出勤人数在100人以上时，应单独设女工卫生室。

（3）太阳灯室是为矿工补充日照、防止产生职业病的保健室，在井口浴室内设置太阳灯供职工浴后照射，照射后每人所接受的紫外线剂量可通过计算获得。照射方式分为集中式和通过式两种，通过式效果好。太阳灯室一般置于浴室与更衣室之间，室内应有良好的通风以排除由太阳灯照射而产生的臭氧。

（4）洗衣房供洗涤、烘干、收发和修补工作服之用。工作顺序为：收衣—洗涤—烘干—缝补—存放—发放。洗衣设备按清洗工作服的数量经计算确定。

井口浴室布置方式 井口浴室设计应满足各组成部分的功能，安排好相互间的关系，求得总体布局的合理，常见的布局方式有单元式、灵活空间式和混合式三种。①单元式与煤矿基层生产组织的数量相适应，与任务交待室相配套，分别配置更衣室和浴室，自成单元，适用于劳动组织比较简单的小型矿井。②灵活空间式的更衣室和浴室均为大空间，根据矿井管理习惯可灵活分隔使用，适应性比较强，建筑多采用框架结构。③混合式是根据矿井规模和生产组织把井口浴室划分成几组，每组均有较大空间的更衣室和浴室，亦可分隔成较小的空间。

井口浴室的建筑构造要有防漏、通风、排湿措施。

（郝操政）

jingquan beiban

井圈背板 （crib ring and timber lagging）井圈是立井掘进时用以支撑背板维护围岩稳定的组装式圈形金属骨架；背板是在井圈（支架）外围，使地压均匀传递给井圈，防止碎石掉落的构件。它们多用作临时支护，以保证工作面作业安全。

井圈由6～8节型钢制成的弧形构件组装而成，用销钉连接。上下圈用“Z”型挂钩连接，用顶柱撑紧，圈距根据围岩稳定情况确定，一般为0.5～1.5m。井圈与岩帮间用木背板背牢，木楔刹紧，视围岩条件可采用密集背板或花背板。井圈随井筒掘进工作面架设，空帮距离一般为1～1.5m。

由于井圈背板在掘进时要逐圈架设，砌壁时又要逐圈拆除；放炮后井圈上集存岩块，井圈、背板因受震动而松动，危及作业安全，需要较多时间进行检查和加固，它费时费工、安全性差、钢木损耗量大。目前，由于锚喷支护技术的发展，这种支护方法已逐渐被锚喷支护所取代。

（史天生）

jingta

井塔 （shaft tower） 安装摩擦式提升机的地面塔式构筑物。

井塔结构选型 井塔结构型式有钢筋混凝土结构（箱形、箱框形、筒形、框架等）、钢结构（框架式、桁架式）、钢及钢筋混凝土混合结构、砖或砌块结构等，结构选型应考虑工艺布置、高度、服务年限、地基条件、地震烈度、气候、矿井通风方式、井筒施方法和工程质量等因素。

钢筋混凝土井塔多数采用现浇钢筋混凝土结构、滑行模板施工，它承载能力大、刚度大，有良好的柔性和抗震能力，中国应用最广泛。井塔平面尺寸过大时，箱形内部可增加立柱，形成箱框结构。框架结构如需砌墙，宜选用轻质保温材料。框架结构适用于塔身敞开式井塔。装配式钢筋混凝土井塔目前尚未得到广泛应用。

钢结构井塔自重轻、抗震能力强、有良好的变形能力和承载能力、施工简便，有利于地基处理，但钢材耗量大、维护费用较高德国、日本应用较多，中国应用仅在唐山矿西风井和红阳三井副井两个井塔。井塔围墙用轻质材料，国外多用装配式钢筋混凝土保温悬挂板。层间楼板一般用钢筋混凝土捣制楼板或用钢梁铺设成整体钢筋混凝土板。

钢及钢筋混凝土混合结构井塔，塔身为钢筋混凝土，提升机大厅选用钢结构，因两种结构刚度和连接复杂，不利抗震，分段施工不方便，且钢材耗量仍大，故采用较少。

砖或砌块结构井塔主要用于高度低、服务年限较短的矿井，它就地取材、造价低、施工速度快，但承载能力低，要求有良好的地基条件，故只适用于低井塔和非地震区。

井塔设计 设计内容包括平面设计、竖向设计、基础设计和建筑要求设计。

原始资料 设计的基本资料包括：①井筒（主井、副井）用途、直径、深度及井塔设备平面布置图；②提升容器简图、自重、载重等，单容器时应有平衡锤资料，箕斗提升时，箕斗卸载点标高、卸载曲轨、受煤仓位置容量和仓口尺寸及给煤机设置，煤加工系统的布置、箕斗存放位置及更换箕斗要求，罐笼提升时井口操车设备（阻车器、推车机等）布置图、井口摇台及支罐机的安装关系图、上下人平台、下长材料方式、井塔与井口房的关系、罐笼存放位置、罐道类型尺寸及安装固定方式，绳罐道的悬挂、装车及调绳装置等；③提升速度、过卷高度、过卷的安全装置（楔形罐道、防撞梁等）；④提升机型号、台数，提升钢丝绳规格、根数、提升速度、终端荷载、提升机主要部件（包括主轮、制动器、减速机、导轮、油泵站）的安装图；⑤主电动机型号及安装图，电气设备布置；⑥设备最大部件的重量和轮廓尺寸，设备的安装起吊方式，吊车的相关资料；⑦矿井通风方式，对井塔有无密闭要求；⑧电梯安装尺寸及电梯的相关资料；⑨给排水、采暖要求。

平面设计 井塔平面形状多为矩形和方形，亦有圆形和多边形的。平面设计包括大厅和塔身设计。①提升机大厅设计是整个井塔布置的重点，主要取决于提升机的数量及位置，同时考虑井筒内容器的布置，它的平面尺寸一般比塔身各层尺寸大，往往作悬挑结构，根据设备布置、通行、维护和吊装的需要，可一侧或双侧悬挑。当井塔不高且大厅尺寸和其它各层尺寸相差不大时，为简化设计和便于施工，可使大厅和塔身平面尺寸相同。安装孔可开在平台上或侧墙上。一般设起重机，并设卫生间。②塔身各层平台除导向轮层外大部分为电气设备所占用。塔身内部某一位置沿竖向各楼层设吊装孔。③中国煤炭工业部于1980年颁布了《煤矿多绳提升机上井井塔系列及基本参数》，提升机大厅平面尺寸与塔身相同称A型，提升机大厅有悬挑为B型，A型井塔平面图见图1。

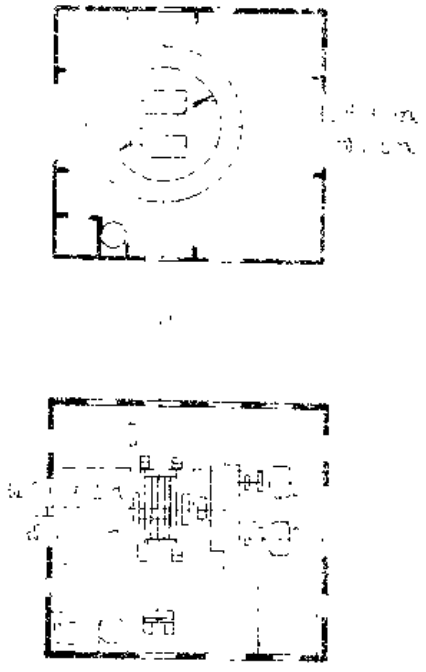


图1 煤矿多绳提升主井井塔系列A型井塔布置
a—井口平面；*b*—提升机大厅平面

竖向设计 包括提升机主轮轴中心高度和大厅高度。

提升机主轮轴中心高度（见图2）计算公式为：

$$H_1=h_1+h_2+h_3+h_4+h_5 \qquad (1)$$

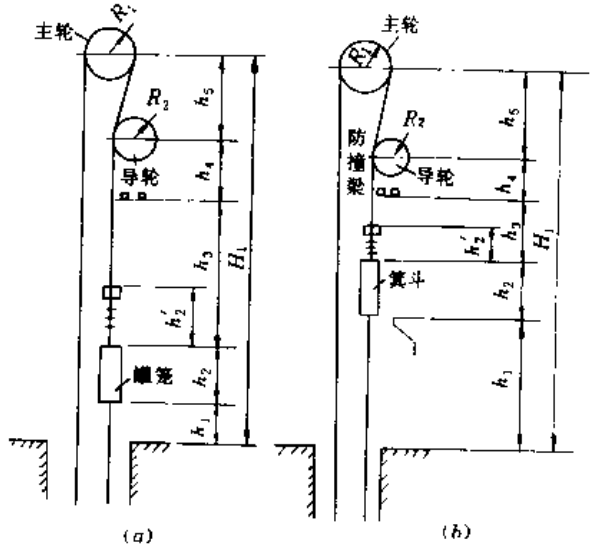


图2 提升机主轮轴中心高度分段示意图
a—罐笼提升；*b*—箕斗提升

式中，H_1为提升机主轮轴中心高度，m；h_1当罐笼提升时为井口至出车轨面的高度，即$h_1=0$，箕斗提升时为井口至受煤仓溜槽上口的高度，此时h_1取决于给料机、输送机的布置和煤仓漏斗口至溜槽上口的高度，m；h_2为提升容器的高度，m；h_3为提升容器在正常卸料位置时，容器上框梁顶面至防撞梁底面的高度，m；h_4为防撞梁底面至导向轮中心的高度，应满足$h_4>h_2'+0.75R_2$，m；h_2为提升容器上框梁顶面至悬挂装置绳卡上缘的高度，m；R_2为导向轮半径，m；h_5为导向轮中心至主导轮中心的高度，m。

提升机大厅高度（见下页图3）计算公式为：

$$H_2=h_1'+h_2+h_3'+h_4'+h_5'+h_6' \qquad (2)$$

式中H_2为提升机大厅高度，m；h_1'为提升机基础台的

高度，m；h_2' 为吊车起吊高度，一般不低于 0.2m；h_3 为提升主轮闸盘的直径，m；h_4' 为吊车起重绳扣的计算高度 m；h_5' 为桥式吊车要求的高度，m；h_6' 为桥式吊车最上缘与屋面构件底面间的净空，一般不小于 0.1m。

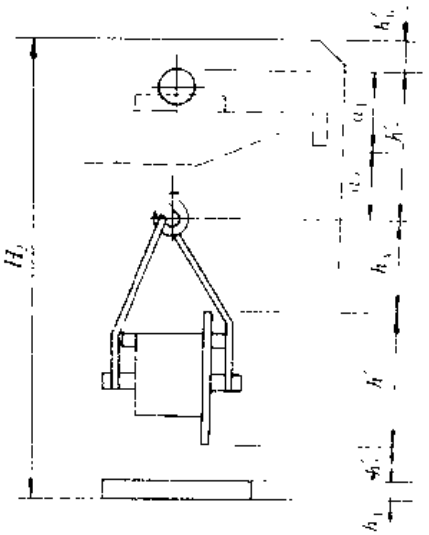


图 3　提升机大厅高度分段示意图

基础设计　基础选型与井筒的设计施工、土建施工设备、地震烈度、工程地质条件、井塔的结构型式、井口压风排水电缆和风道的布置有关。基础结构有以下类型：①天然地基上的基础有钢筋混凝土独立基础、钢筋混凝土条形基础、钢筋混凝土筏式基础、钢筋混凝土箱形基础；②桩基础有钢筋混凝土打入桩基础、钢筋混凝土灌注桩基础、爆破桩基础、岩石锚桩基础；③井颈基础有倒圆锥壳基础、倒锥台基础、牛腿式基础。

井颈基础井塔应进行井筒结构计算，视井筒为一环形截面空心桩结构。为确保结构安全和满足工艺使用要求，地基容许差异变形值 [i] 为 1‰，验算风荷载的地基容许差异变形值 [i] <2‰，容许的均匀沉降量 [Δ] <200mm。

建筑要求　①井塔是工业场地中的主要构筑物，应注意造型美观，如结构外形比例、门窗布置要合理，有必要的装饰等。②提升机大厅和电控设备间地面宜用水磨石、内墙面抹灰、作油漆墙裙，其他楼层可用水泥砂浆地面、内墙面喷白灰浆。③井塔无电梯时楼梯宽度宜大于 800mm、坡度不大于 45°，有电梯时楼梯宽度大于 700mm、坡度可取 60°。④提升大厅宜设拖把池和水冲式小便池，亦可设在提升机大厅的下一层，其他各层应设水池和地漏。⑤提升机大厅门窗面积和房间地板面积之比为 1/4～1/8。⑥塔顶应设避雷针，高度大于 40m 的井塔应设安全讯号标志灯。⑦炎热地区井塔要隔热通风，寒冷地区要采暖保温，在风沙大的地区应考虑防风沙。⑧变流机组所在楼层应有通风、隔音和防噪音措施。

井塔计算　包括确定井塔荷载、静力计算、动力计算和抗震设计。

井塔荷载　井塔承受的荷载有恒荷载、活荷载、设备工作荷载和事故荷载等。①恒荷载包括结构自重、设备自重、内套架自重。②活荷载有各层楼面设备安装检修和使用荷载折算成均布活荷载，屋顶活荷载应考虑上人屋面。③设备工作荷载和事故荷载有提升机设备荷载、摩擦轮工作荷载、摩擦轮制动荷载、摩擦轮事故荷载、减速器工作荷载、减速器事故荷载、电动机工作荷载、电动机事故荷载、导向轮工作荷载、过卷荷载、钢丝绳罐道作用于支承上的荷载，以及吊装荷载、风荷载、地震荷载等。④荷载组合分正常组合和事故组合两种。

静力计算　不同的结构型式有不同的计算假定和计算方法，钢筋混凝土井塔可按箱形结构、内框架外箱形结构、框架结构计算。

箱形结构的静力计算包括：①壁板的应力分析和强度，把井塔视为底端嵌固的闭合箱形截面的悬臂梁，进行正截面和斜截面强度计算；②壁板的局部稳定计算，按弹性理论把塔身壁板视为被楼板和相邻壁板分为一块块矩形平面壁板，按不同的边界条件计算临界力，如壁板中有纵向壁柱或有孔壁板可按弹性理论求解、局部稳定计算可选用屈曲破损荷载法；③有孔壁板的孔口应力计算利用空间结构有限元法进行分析，亦可采用简化法，如平面壁板法和简化系数法。

内框架外箱形结构属于空间结构，按有限元法进行分析，也可按下述假定简化计算：垂直荷载由箱形和内框架共同承担；框架梁与箱形壁板为铰结；框架在垂直荷载作用下按无侧移框架进行内力分析；水平荷载全部由外箱形壁板承受。

框架结构可按空间框架结构进行分析，也可简化为两个方向的平面框架。柱按双向偏心受压构件进行配筋。

动力计算　井塔整体和构件的动力计算应满足永久荷载、活荷载及机器动荷载共同作用下的承重能力，并把动力作用产生的振动限制在允许的振动限值之内。楼板、梁等构件在机器动荷载下要进行动力计算。塔身侧向力（风荷载及地震荷载）作用下的动力计算，关键是计算井塔自振周期，计算简图按下端为刚性嵌固的多质点悬臂杆，质量集中在每层楼板水平上，计算方法分为能量法、变截面顶点位移法、矩阵迭代法等。

抗震设计　井塔抗震设计应遵守《构筑物抗震设

计规范》的有关规定。中国煤炭工业部把井塔列为生命线工程。

（范宝华）

jingta yujian zhengyi

井塔预建整移 （translational remove of shaft tower） 又称井塔平移。在井口外的临时基础上预先建造好井塔，井初步安装调试井塔上的提升设备后，再将井塔整体移动到井口永久基础上就位、找正、固定。

矿井建设期间，在井口附近适当位置为井塔预建整移做临时基础，在临时基础上安放井塔承重托梁，井塔在承重托梁上预制。当塔身预制完成后一般也将井塔式摩擦式提升机安装在预建好的井塔上。在井塔平移前按施工措施要求安装平移滑道、承载平车、缓冲调平装置等平移机具。平移时用承载平车上的液压千斤顶将井塔顶起脱离基础，承载平车和平移滑道承担井塔全部重量，用液压爬顶装置顶推平车移动至井口永久位置，最后进行找正固定。

井塔平移对临时基础、承重托梁、平移滑道、承载平车、缓冲调平装置有严格的技术要求。

临时基础 分为预建井塔基础和平移滑道基础两部分，预建井塔基础应承受井塔的重量和为平移井塔所需设备、设施的附加重量，基础的结构形式可用桩基础或片石基础，按层承载能力和平移重量来决定。滑道基础要和预建基础、井口井塔永久基础连成一体。

承重托梁 钢筋混凝土井塔一般为柱式或板式结构，都不能直接安放平移井塔的承载平车，必需在井塔的下部增设承重托梁。托梁需满足多项要求：①能承受井塔的重量，梁下每个平车接点上的载荷应满足强度要求；②在托梁下部有支承柱，支承柱的高度应符合平车加千斤顶的高度；③在任何情况下都应保证井塔不会有倾倒的危险，每台平车或每个千斤顶发生故障都应可随时更换或修理；④承重托梁一般是钢筋混凝土结构，高度1m左右，在设计时应考虑便于用后拆除。

平移滑道 一般平移滑道是采用多股重型钢轨，钢轨铺设在临时基础上，钢轨铺设前都需要现场进行调直，钢轨安装误差不超过3mm。永久锁口位置上的安装尺寸应进行复测，钢轨安装位置对井塔提升中心线的安装误差控制在质量标准以内。滑道钢轨应在井塔平移临近时敷设，防止基础下沉影响安装质量，轨道接头应平整，便于平车车轮和液压爬顶装岩通过。

承载平车 井塔是装载在平车上滚移到井口安装位置的，一般用承载能力80t至200t的平车30台左右来实现平移。承载平车分滚轴式和滚轮式，滚轴式的轴径一般为150mm左右，滚轮式的车轮直径为400mm左右。因为重物作水平移动必需克服路面上的阻力，滚轮直径较大，能获得大于滚轴的阻力力矩，而且滚轮与钢轨接触线的轮压也优于滚轴，所以重型井塔都采用滚轮式承载平车。

缓冲调平装置 中国的井塔主要是钢筋混凝土结构，重量为2000～5000t。平移井塔安设的钢轨滑道不可能保证绝对平直，承载平车制造也有误差，井塔结构重量分布在每个平车上的重量并不一样，所以移运系统必须安设缓冲与调平装置，一般有两种方式：①柔性基础刚性联接，即在混凝土基础上安放道木，在平车轴承座上加35mm厚的氯橡胶板，靠橡胶板和道木承受重量后压缩来达到缓冲、调平目的，调整量仅2mm左右，安装费工、费力，只在小型井塔平移时采用。②刚性基础柔性联接，即在混凝土基础上直接安放钢轨，每台平车上安放一个液压千斤顶，在平移井塔时用专为顶升用的集中液压泵泵送压力油到各台液压千斤顶，液压千斤顶将井塔顶起20mm左右，井塔就浮在压力油上，从而达到柔性联结，这样易于调正轨道误差，使承载平车受力均匀，每只千斤顶上装有压力表，顶升时缓慢升压。从压力表上可反映出每台平车受力情况，井塔移到井口永久位置后，只要在井塔支承点用铁楔垫好，松开柔性联接的液压千斤顶就可将井塔就位并与承载平车脱离，此法常用于平移大、中型井塔。

中国部分井塔平移的技术特征见表。

中国部分井塔平移的技术特征

技术特征	刘桥一矿副井井塔	焦作九里山矿副井井塔	淮北朱仙庄矿主井井塔	鸡西小恒山矸石井井塔
建井类别	新井建设	新井建设	新井建设	新井建设
井塔结构	钢筋混凝土	钢筋混凝土	钢筋混凝土	钢筋混凝土
井塔高度（m）	32.7	28.00	62.00	46.30
平面尺寸（m）	12.4×12.4	12.4×12.4	12.2×16.2	14.75×14.75

续表

技术特征	刘桥一矿副井井塔	焦作九里山矿副井井塔	淮北朱仙庄矿主井井塔	鸡西小恒山矸石井井塔
井塔重量(t)	1777	1000	4028	3500
装载方式	滚轴平车 80t×28台先装车	矿车轮	滚轮平车 200t×28台后装车	滚轮平车 200t×20台后装车
移动施力方式	20t×8套液压推移	慢速绞车钢绳牵引	100t×8套液压推移	100t×8套液压推移
滑道	P43轨道道木道床	P43轨道道木道床	Qu—120轨道混凝土道床	Qu—120轨道混凝土道床
调平缓冲方式	橡胶板、道木	道木	AZC—320型28台液压千斤顶	AZC—320型20台液压千斤顶
平移距离(m)	36.50	60.00	34.80	29.20
平移日期	1979年12月20日	1981年3月	1981年10月26日	1992年9月

（罗志德　周建华）

jingtian

井田　(mine field)　又称矿田。煤田内划归一个矿井开采的部分。地下开采的矿田称井田，露天开采的矿田称露天矿田。

井田范围由批准的矿区总体设计确定，一般由几平方公里至几十平方公里。由于开采技术和装备水平的提高，井田面积逐步增大，最大可达百余平方公里，以适应矿井集中生产和向大型化现代化发展的需要。

井田形状受地质条件、开采技术、地形地貌等因素的影响。在缓倾斜、近水平煤层及地质构造简单的煤田中，井田形状多划为规则形（长方形、方形）；在地质条件和地形地貌复杂的矿区中，多为不规则形。

井田尺寸　指井田范围内煤层的走向长度、倾斜长度、倾斜方向的水平宽度及井田面积。井田尺寸应与矿井设计生产能力相适应，井田走向长度大型矿井不宜小于8km、中型矿井不宜小于4km。

井田划分　研究确定矿区内各个井田边界范围的工作。它在编制矿区建设可行性研究时进行，是矿区建设可行性研究和矿区总体设计的重要内容。

井田划分原则　井田划分应根据地质构造、储量、水文、煤层赋存状态、煤质分布规律、开采技术条件、矿井设计生产能力和开拓方式，并结合地貌地物等因素，经多方案的技术经济比较与论证后确定。使煤田的各部分均得到合理开发；保证矿区规划布局的合理性和稳定性。

井田划分应注意：①分析矿井生产建设条件时，充分考虑矿井增产和地质因素，一般，储量丰富、地质构造简单、煤层埋藏深、赋存稳定、冲积层含水丰富、井筒需特殊凿井、地形地貌复杂、工业场地不易选择的矿区井田范围宜划大，煤层稳定性差、地质条件复杂、开采条件差、有煤与瓦斯突出危险的矿井井田范围宜划小；②划分后的井田要留有后备区和远景发展区，保证矿井实际服务年限；③统筹全局，处理好相邻矿井间的关系（包括矿井与露天矿、生产井与新建井、浅部井与深部井），避免因煤层相互压茬和界线交错而造成难采、矿界纠纷与安全等问题；④除大断层、河流等自然边界外，应直线划分井田境界，大型矿井的井田划分，要能合理的布置综采工作面；⑤井巷工程量少、建设工期短、投资少、企业投产后经济效益好；⑥应与确定矿井生产能力结合进行。

井田划分工作内容　一般包括：①认真研究煤层分布规律与赋存条件，拟定适合该区自然及技术条件的开采工艺和开采强度；②根据煤层赋存情况、地貌地形、地质构造、水文地质、煤层开采技术条件，提出划分井田的方案，明确井田境界、走向长度、倾斜宽度、井田面积与储量；③确定各井田开拓方式、工业场地位置、开采工艺、技术装备及各矿井设计生产能力；④对井田划分与矿井生产能力的全面技术经济分析论证后，确定井田划分与矿井生产能力的最佳方案。

井田境界　又称井田边界，即矿井开采的边界，分为自然境界和人为境界。

自然境界有：①地质构造（破坏了煤层的连续性），如大断层、火成岩侵入形成的岩墙岩脉以及古河床冲刷带等；②地质构造和变化虽未破坏煤层的连续性，但对开采工艺、开拓部署等有较大影响，如煤层的向斜、背斜轴线等；③地貌和地物中有河流、湖泊、国铁干线、城镇、重要建筑物或文物保护区的保护煤柱线；④井田浅部最下一个可采煤层的露头（或隐蔽露头）作为井田

浅部境界。

人为境界有：①地面勘探边界（勘探线）；②依煤层风化带、氧化带的深度确定井田上部境界；③按钻孔或经纬线划界；④矿井在地面水体及松散含水层下采煤时，必须设安全煤柱，煤柱线即为井田的上部境界；⑤按水平标高作为浅部与深部境界。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

《采煤学》，煤炭工业出版社，1980。

崔秀兰、孙世俊，《煤矿建设基础》，山西科学教育出版社，1987。

山西矿业学院等编《煤矿开采设计》，山西人民出版社，1977。

（李庚午　任林怀　孙世俊）

jingtong

井筒　(shaft)　泛指立井和斜井，也包括暗井，是由地面通往井下(或由某一水平通往另一水平)的垂直或倾斜通道，用以提升煤炭（矿物）、矸石、人员、器材、设备，通风和敷设管线。

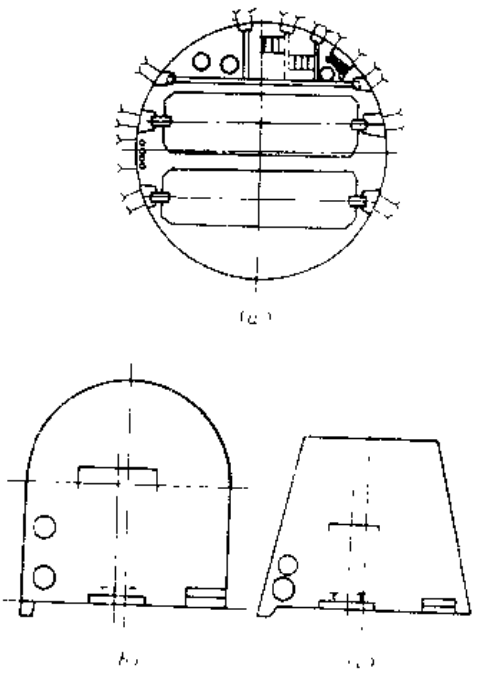
井筒分类方法有：①按井田开拓利空间布置分为立井、斜井和暗井；②按承担任务与功能分为主井、副井、风井、矸石井和混合井；③按提升容器类型分为箕斗井、罐笼井、箕斗与罐笼混合井、带式输送机斜井和矿车斜井。

井筒的功能　①主要用于提升煤炭、矸石、设备、器材的，立井井筒装备有箕斗或罐笼，斜井井筒装备有箕斗，带式输送机或矿车提升设施；②主要用于升降人员或通行人员的，立井井筒采用罐笼或箕斗—罐笼，斜井采用人车、胶带或素道，为通行人员，立井井筒设置梯子间，斜井井筒设置行人台阶；③主要承担矿井通风（进风和回风）任务时，回风井一般不装备提升设施，副井井筒一般都有进风功能，主井井筒可有条件地承担矿井的进、回风任务；④敷设排水管、压风管、消防洒水管、动力电缆、通讯及信号线等管线。

井筒的断面　立井井筒断面形状一般为圆形，早期开凿的立井井筒断面有矩形、椭圆形等，目前已很少见；斜井井筒断面形状有拱形、梯形等。井筒断面形状见图。

井筒断面积是根据井筒内提升设备的数量、尺寸、行人空间、管线以及通风风量的需要确定的。圆形断面的立井井筒，当净直径小于 6.5m 时，按 0.5m 晋级确定其净直径；大于 6.5m 时，一般按 0.1m 晋级确定井筒的净直径。

井筒的纵向结构　井筒由上而下分为井颈、井身和井窝三个部分。井颈是指直接与地表相连的一段井筒，它受井口地面构筑物的影响，结构较为复杂；立井及斜井井筒的井窝是指井底车场进出车水平（或箕斗装载水平）以下部分的井筒，其长度和结构根据井筒用途、提升与排水方式、井底清理方式和延深方式确定；井身是指井颈和井窝之间的一段井筒，长度根据煤层赋存深度及开拓方式确定。



井筒断面形状
a—圆形；*b*—拱形；*c*—梯形

井筒的质量要求　中国国家标准《矿山井巷工程施工及验收规范》GBJ213 -90 规定，井筒半径的允许施工偏差：当采用混凝土或砌块支护时，有提升装备的应为＋50mm，无提升装备的应为±50mm；当采用锚喷支护时，有提升装备的应为＋150mm，无提升装备的应为±150mm。井筒建成后的总漏水量，不得大于 $6m^3/h$，井壁不得有大于 $0.5m^3/h$ 的集中漏水孔。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

（陈同伦）

jingtong fangdong kongqi jiareshi

井筒防冻空气加热室　(air-heating room)

设置进风井筒风流加热设施的建筑物。保持入口进风温度不低于 2℃，防止进风井筒及其装备结冰，以策安全。

按中国《煤炭工业矿井设计规范》规定，采暖室外计算温度等于或低于－4℃地区的进风立井、等于或低于－5℃地区的进风斜井和等于或低于－6℃地区的进风平硐，当有淋帮水、排水管和排水沟时，应设空气加热设备。

在空气加热室内，入井空气全部或部分加热，加热的空气在井口房、井筒或同时在两处与冷空气混合到不低于2℃，然后引入井下。

空气加热室分类 ①按使用热媒性质分为蒸汽式、高温热水式和炉烟式三种。蒸汽和高温热水热媒来自矿井锅炉房、热电厂或热力站，炉烟式热媒须修建热风炉，煤为燃料，热风炉，炉体庞大，炉内传热管易烧损或变形，烟气会混进入井空气中，仅在个别低瓦斯小型矿井中使用。②按使用设备分有风机空气加热室和无风机空气加热室。有风机空气加热室将加热的空气用专门风机输送入井筒，适用于井口房不密闭的抽出式通风矿井。无风机空气加热室入井的冷、热风均靠矿井主通风机负压吸入进风井筒，适用于井口房大部密闭的抽出式通风矿井。压入式通风矿井的空气加热室不设风机，热风出口接在矿井主通风机的吸风侧，通过主通风机吸送热风，在风道内冷、热风互相混合。空气加热室所用通风机有离心式和轴流式两种，离心式通风机一般设在热风侧，轴流式通风机多设在冷风侧。无风机空气加热室的空气加热器可作低位布置或高位布置，高位布置建筑占地面积省、井口房自然采光好、有利冷凝水回收、但井口房内铅直方向的温度梯度较大，建筑耗热较多。③空气加热室与进风井井口房关系分为与井口房合建的和与井口房分建的，分别称为附建式和独立式。

空气加热室布置 要使空气均匀地通过散热器，避免产生涡流，防止草、纸等杂物以及大量飞雪随风进入室内吸附到散热器表面，影响散热器的通风和散热。空气加热室在进风口设置百页窗，下缘距室外地坪要有适当高度，沙暴地区进风百页窗还应有降尘及清扫措施。严寒地区百页窗外还需加设防寒措施。多排空气加热器为分排配管，靠冷风侧的一排加热器要预防冻结，其他各排连接管及疏水装置，应设在热风侧。为便于控制空气加热温度，加热装置应设旁通阀。

空气加热装置不宜少于2套，型号与性能尽量一致，无备用。空气加热装置上均设有风门，防止一套在工作，另一套停运时发生空气反风现象。

（刘绍基）

jingtong jiancha zuankong

井筒检查钻孔 （observation borehole of shaft） 新井开凿前，为核实井筒剖面的地质、水文资料，以最终选定井位和确定井筒施工方案在井筒附近追加施工的钻孔。它可防止因地质、水文资料不清而造成不必要的施工困难，加大施工费用和拖延工期等问题。

当井筒穿过的岩土层地质构造、水文条件复杂，有煤层、岩层和有害气体突出危险，井底离特大含水层较近以及采用冻结法施工时，检查钻孔布置在井筒范围以外；当地质构造、水文条件中等，无有害气体突出危险，采取钻井法施工的井筒，或专为探测溶洞或施工特殊需要时检查钻孔可布置在井筒范围内。当井筒不通过含水冲积层，无有害气体突出危险，地质和水文地质条件简单，距井筒中心25m范围内已有符合检查钻孔要求的钻孔，井田内和邻近生产矿井掌握了地质、水文地质、有害气体情况及其变化规律，附近地层露头和勘探资料可提供符合斜井、平硐施工要求的地层预测剖面的，均可不打检查钻孔。

检查钻孔终孔直径不应小于89mm，终深应大于井筒设计深度，数目和布置应根据具体条件确定，应全孔取芯，其采取率在冲积层和基岩中，不宜小于75%；在矿层破碎带、软弱夹层中，不宜小于60%。岩芯必须编号，装箱保存。并采用物探测井核定层位。

井筒检查孔宜用清水钻进。每钻进20～30m测定钻孔的倾角及方位角。钻孔偏斜率应等于或小于1.5%。对各主要含水层（组）应分层进行抽水试验，宜用体积小、扬程高、流量大的深井潜水电泵进行抽水，并进行流量测井和压力恢复试验。

通过对全孔取芯进行分析研究，提出沿井筒中心线的地层柱状图、井筒穿过的岩（土）层的物理力学性质（强度、孔隙率等）、埋藏条件和断层破碎带、老窑、溶洞、裂隙的特征，第四纪典型土层状态下的力学性能试验资料和井筒穿过矿层的有害气体涌出资料等。

通过分层抽水试验，提出含水层（组）数量、含水层（组）的埋藏条件、静水位与水头压力、涌水量、渗透系数、水质、水温、含水层间及与地表水的联系、地下水的流向及流速等水文地质资料。

井筒检查钻孔应在矿井施工准备期以前6～12个月完成，钻进结束后，除井筒施工过程中尚需利用的以外，均应采用水泥砂浆严密封堵，其抗压强度不应低于10MPa，同时应设立永久性标志。

参考书目

《矿山井巷工程施工及验收规范》，中国计划出版社，1991。

（郭晋第）

jingtong juejin

井筒掘进 (shaft sinking) 在立井施工中按设计井位和断面进行井筒开挖和临时支护的作业。井筒掘进有掘进破岩、掘进排矸、井筒临时支护几个工序。

掘进破岩 中国井筒掘进主要采用钻眼爆破法破岩。钻眼爆破工作包括编制爆破图表及钻眼爆破作业两部分。

编制爆破图表主要是确定炮眼深度，炮眼布置，选用炸药雷管，并确定其消耗量、装填方式以及爆破网路连接及起爆方式等。炮眼深度根据施工设备、钻眼爆破技术和施工管理水平以及立井施工月进尺指标确定。炮眼布置，立井井筒断面多为圆形断面，为此炮眼为同心圆布置，炮眼布置的圈数及个数取决于井筒掘进直径与岩石坚固性系数。炮眼分掏槽眼、辅助眼、周边眼三类。掏槽眼其作用主要是为向下掘进而爆开岩石，并为辅助眼提供辅助自由面，它是决定爆破效果的关键，因此掏槽眼一定要比辅助眼深200mm，且装药量亦要比辅助眼大。掏槽眼的形式有直形、锥形、楔形三种，常用的为直形和锥形。直形掏槽适用于眼深2～4m，锥形掏槽适用于眼深小于2m。辅助眼位于掏槽眼与周边眼之间，其作用是进一步扩大掏槽范围，破碎岩体，并为周边眼爆破创造条件。周边眼布置在井筒掘进断面轮廓线上，其作用是保证井筒设计断面轮廓及保护围岩稳定，为此周边眼的眼距要比辅助眼密，且装药量要比辅助眼少。爆破炸药、雷管的选择要根据岩石坚固系数、涌水量、瓦斯含量和眼深等因素而定。20世纪70年代以前通常用耐冻硝化甘油炸药、铵梯岩石炸药、秒延雷管、毫秒延期雷管。从70年代末期开始采用水胶、乳化炸药、高精度百毫秒延期雷管及电磁百毫秒延期雷管等，炮眼电爆网路采用串并联及并联方式。20世纪80年代中期中国研制成了HF－150型、HF－300型专用于立井的多功能发爆器，以及电磁雷管专用的FGF－200型高频发爆器。

钻眼作业可采用手持式、环形钻架式、伞形钻架式三种。手持式通常选用YT－26、YTP－26、YT－27气腿式凿岩机。其优点是设备简单，机动、灵活性强，缺点是工人劳动强度大，钻深眼困难，通常钻眼深为1.2～1.5m，钻深眼须不断换钎子，钻眼效率降低，辅助作业时间长。环形钻架式配YT－26、YTP－26、YT－27、YT－28型气腿式凿岩机，一次钻眼深度可达2～3m。其优点是设备结构简单，操作方便，同时工作凿岩机台数多，能缩短打眼时间，缺点是机械化程度不高、维修不便、打深眼换钎子次数多、需要辅助设备多，另外，环形钻架要占用井筒环形空间，增加了井内其它设备布置的困难。伞型钻架式配用YGZ－70导轨式独立回转凿岩机，钻眼深度可达4.0m。其优点是机械化程度高，可钻深孔，效率高，换钎子次数少，适应性强，缺点是维修量大，井下噪音高。使用伞形钻架时，凿井井架高度和提升机的能力必须同伞形钻架高度、重量相适应、井口需设移位、转换钩头装置。爆破作业包括清洗炮眼、装填炸药及雷管、连接电爆破网路及起爆等主要内容。

掘井排矸 排矸包括井下装岩和地面排矸两部分。

井下装岩方式，中国过去装岩采用斗容为0.11m³、0.2m³的NZQ_2－0.11型、HS－2型气动抓岩机。抓岩机悬吊在吊盘上的气动小绞车上，用人力操作气动手把，使抓斗开闭和升降。每台抓岩机除1人操作外，另需配备1～2人牵拉抓斗。它具有重量轻、体积小，悬吊方便、适应性较强的特点，但由于人工操作，劳动强度大，抓斗容量小、生产效率低，多用于机械化较低的井筒施工。中国生产的0.6m³长绳悬吊抓岩机，其0.6m³气动抓斗用设在地面的$JZ_2T10/700$或$JZ_2T10/950$凿井绞车悬吊，使用时放到掘进工作面，不用时提到吊盘以下。操作时除一个人控制抓斗开闭和一个人操作同地面联系绞车升、降的信号外，还需配备2～3人推移抓斗，劳动强度较大，但它具有结构简单、装备容易、操作、维护方便等优点，近期仍广泛使用。中国机械化装岩始于20世纪70年代，采用国产的中心回转式、环形轨道式、靠壁式三种抓岩机，均以压缩空气为动力，具有动力单一，安全可靠，机械化程度高，生产能力大等特点，尤其是中心回转式抓岩机产品已系列化，斗容有0.4、0.6、1.0m³，能适用于4～8m直径的井筒，适应性强，在中国矿山系统得到广泛使用。

地面排矸方式，主要有窄轨运输和自卸式汽车排矸两种方式。窄轨运输矿车多用V型矿车，直接自翻，亦可用U型矿车运到矸石山翻笼处进行翻矸，这种方式比较复杂，且灵活性差。20世纪70年代中期中国多采用自卸式汽车排矸，此方式具有机动灵活，排矸能力大，运输组织简单，不受排矸轨道路线的限制，矸石车可根据需要直接运到使用地点。

井筒临时支护 20世纪70年代中期以前临时支护采用井圈背板。临时支护段高通常在30m以内。该法主要缺点是安装或拆卸临时支架费工费时，工人劳动强度大，消耗钢材和木材多，放炮时易崩坏，放炮后扫圈困难等，从70年代中期开始逐步被锚喷支护所取代。锚喷支护作临时支护的优点是工序简单、减轻了笨重体力劳动、施工速度快、安全、能及时封闭围岩，能

为大段高作业创造条件。锚喷临时支护的段高、喷射混凝土厚度及支护结构视围岩情况而定，通常段高为50～80m，喷厚为80～100mm。在复杂特殊的岩石中可用锚杆加金属网喷射混凝土作临时支护。在有淋水情况下应采取防水措施，以保证喷射混凝土的质量。

临时锁口 井口附近的临时井壁。凿井之初按设计的井口位置和断面，或大于设计断面先掘出一定深度的井筒，并砌筑临时井壁。它的主要用途是固定井筒位置承托封口盘梁，防止地面坍塌及地表水涌入井筒，以及吊挂永久支架。临时锁口的结构一般采用低标号混凝土砌筑。在有条件的情况下可一次建成永久锁口，取消临时锁口，不但减少了临时工程，同时还可以少占用井口工期。

封口盘 又称井盖。在立井井口设置的带有井盖门和孔口的盘状结构物。其用途是掩盖井口防止从地面向井下掉落各种物件，保证井下工作人员的安全，同时又作为升降人员停留及材料车进出的平台，并作为安装或升降悬吊设备的工作台。封口盘要留有吊桶、吊泵、风筒、压风管、安全梯等设备通过的孔洞和活门。封口盘的结构和设计尺寸取决于井筒直径大小、掘进设备外廓尺寸和井筒设备布置。封口盘应采用钢木结构，其主梁选用工字钢或钢板焊接的组合梁，封口盘木梁及木盖板应选用优质松木。封口盘的钢梁框架平面尺寸应与天轮平台、固定盘、吊盘等尺寸相对应。

固定盘 又称锁口盘。在封口盘下方一定距离设置的、固定于井壁上的盘状结构物。它位于封口盘以下6m左右，固定盘与封口盘之间设人行梯。其用途是保护井下施工安全，装拆压风管、风筒等悬吊设施及进行测量工作。井筒测量用的激光指向仪安装在固定盘上方1～1.3m处。固定盘的结构及其平面框关尺寸与封口盘相似，吊桶通过口不设盖门，只设安全栏杆。固定盘的主梁两端固定在井壁中。

参考书目

沈季良、崔云龙、王介峰主编，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1986。

《矿山井巷工程施工及验收规范》，中国计划出版社，1991。

（胡德铨）

jingtong zhihu

井筒支护 （shaft support） 又称井筒永久支护或衬砌。为支承地压、维持围岩稳定和封闭涌水，沿井筒围岩暴露面构筑的人工结构物。

井筒是矿井的咽喉工程，服务年限长，要求支护具有足够的结构强度和稳定性以及防火、防腐和抗渗（漏）水性能，保证安全和减少维护费用。

井筒支护分为立井井筒支护和斜井井筒支护。按照材料可分为木支护、金属支护、砖石支护、混凝土支护、钢筋混凝土支护以及复合材料支护等。按照结构形式分为，装配式支护和砌（浇）筑式支护。中国目前采用的多为混凝土、钢筋混凝土支护。

立井井筒支护 立井井筒断面形状主要是圆形，按井筒穿过围岩的性质可分为稳定围岩支护和不稳定围岩支护。

稳定围岩立井井筒支护 在含水不大的浅表土层和稳定的基岩中开凿井筒时，常选用混凝土、锚喷混凝土、钢筋混凝土、料石或混凝土预制块、丘宾筒等支护结构形式。

（1）混凝土支护。用混凝土浇筑而成，它强度大、封闭涌水的性能好、施工工艺简单。

（2）锚喷混凝土支护。按设计排间距在井筒围岩中安设锚杆、喷射混凝土（有时加金属网）构成的联合支护，这种支护施工速度快、效率高、费用低，如围岩条件适宜且井筒淋水较小时，可采用这种支护。

（3）钢筋混凝土支护。配置钢筋后再用混凝土浇筑而成，它强度大、防水性能好。在工程条件需要时，可采用这种支护。

（4）料石或混凝土预制块支护。料石或混凝土预制块以水泥砂浆砌筑成的支护，这类支护中国20世纪60年代以前采用较多，但因整体强度小、漏水严重、施工劳动强度大和效率低，目前已很少采用。

（5）丘宾筒支护。用钢筋混凝土、铸铁或铸钢预制的弧形构件组合装配成的筒形支护，它规格要求严、钢材消耗多，在国外（如原苏联、波兰、德国等）使用较多。

稳定围岩立井井筒的地压通常采用秦氏公式计算，公式为：

$$P_n^上 = (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \cdots + \gamma_{n-1} h_{n-1}) A_n \quad (1)$$

$$P_n^下 = (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \cdots + \gamma_{n-1} h_{n-1} + \gamma_n h_n) A_n \quad (2)$$

$$A_n = \mathrm{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi_n}{2}\right) \quad (3)$$

式中 $P_n^上$、$P_n^下$ 分别为第 n 层围岩顶、底板处的地压；γ_1、γ_2、…、γ_{n-1}、γ_n 为各层围岩的相对密度；h_1、h_2、…、h_{n-1}、h_n 为各层围岩的厚度；A_n 为第 n 层围岩的水平侧压力系数；φ_n 为第 n 层围岩的内摩擦角。秦氏给定的 A_n、φ_n 值见下页表1。

井壁厚度 通常可采用薄壁圆筒公式和厚壁圆筒公式计算，薄壁圆筒公式为：

$$h = \frac{K \cdot P \cdot r}{R_a - KP} \quad (4)$$

式中 h 为井壁厚度；P 为地压值；r 为井筒净半径；

表 1 赛氏水平侧压力系数 A_n 值

赛氏岩石分类	物理机械特征					水平侧压力系数	
	抗压强度（$\times10^5$Pa）	内摩擦角 φ		内阻力角 φ		最小～最大	平均
		最小～最大	平均	最小～最大	平均		
流砂		0～18°	9°			0.64～1.0	0.752
松散岩石		18°～26°34′	22°15′			0.5～0.64	0.526
软地层		26°34′～50°	38°15′			0.3～0.5	0.387
弱地层	20～100			50°～70°	60°	0.031～0.3	0.164
中硬	100～400			70°～80°	75°	0.008～0.031	0.017

注：围岩内阻力角也称内摩擦角。

表 2 基岩井壁厚度经验数值

井筒直径（m）	井壁厚度（mm）				壁后充填厚度（mm）
	混凝土	料石	砌块	缸砖	
3.0～4.5	300	300～350	400	425	料石、混凝土、砌块及缸砖井壁的壁后充填为 100mm，现浇混凝土为零
4.5～5.0	300～350	350～400	400	475	
5.0～6.0	350～400	400～450	500	515	
6.0～7.0	400～450	450～500	500	550	
7.0～8.0	450～500	500	600	600	

注：1. 本表厚度不包括壁后充填。

2. 混凝土强度不低于 150×10^5Pa。

3. 本表适用于 $f=4$ 的岩层，$f>4$ 时，可适当减薄井壁厚度。

R_a 为井壁材料设计强度；K 为设计安全系数；厚壁圆筒公式，即拉麦公式为：

$$h=r\left(\sqrt{\frac{[R_a]}{[R_a]-2P}}-1\right) \tag{5}$$

式中 $[R_a]$ 为井壁材料的允许强度。

立井井筒基岩井壁（不包括含水基岩、破碎基岩）的厚度，一般可按类比法，采用表 2 推荐的经验数值。

不稳定围岩立井井筒支护 在含水不稳定的表土层（特别是深厚表土层）和松散、破碎基岩中井凿井筒时，需采用特殊凿井方法，亦需采用相应的支护结构形式。这些支护结构，按施工方法可分为冻结井井壁结构、钻井井壁结构和沉井井壁结构。

斜井井筒支护 按照斜井井筒断面形式、使用条件、服务年限、围岩性质及其他技术要求选定支护方式。其结构强度应满足支承井筒地压的要求。

支护方式的选择 围岩地压小、服务年限短的斜井井筒，可选用木支架、金属支架或预制装配式钢筋混凝土支架等支护方式。木支架强度低、不防火、易腐朽，已很少采用。金属支架强度大，可回收复用，是一种实用的支护方式。预制装配式钢筋混凝土支架强度较大，防火、防腐性能好，可节约坑木和钢材，但抗弯性能差，不能支承动压，施工劳动强度大，亦较少采用。

围岩地压大、服务年限长的斜井井筒，可选用料石、混凝土砌块、现浇混凝土、现浇钢筋混凝土等砌碹支护及锚喷支护方式。这类支护强度大，防火、防腐性能好，能封闭涌水和煤层，在中国得到广泛采用。对于膨胀性软岩，如无封闭煤层要求时，可选用 U 型钢可缩性金属支架，它由矿用 U 型钢弧形构件组成，强度大、可缩性好、对围岩的适应性强，但钢材消耗量大，加工制作和安装困难，有条件时可以采用。

斜井井筒地压 斜井井筒地压一般皆按平巷地压公式计算；通常分为浅埋和深埋两部份。浅埋和深埋的分界深度为

$$h_p\leqslant(2.0\sim2.5)\,h_a \tag{6}$$

式中 h_p 为浅埋和深埋斜井井筒的分界深度；h_a 为自然平衡拱高度，按下式计算：

$$h_a=\frac{a+h_1\mathrm{tg}\left(45°-\frac{\varphi}{2}\right)}{\mathrm{tg}\varphi} \tag{7}$$

或

$$h_a=\frac{a}{f}=\frac{a_1}{\mathrm{tg}\varphi} \tag{8}$$

式中 a 为斜井井筒掘进宽度之半；h_1 为斜井井筒掘进

高度；φ为围岩内摩擦角；f为围岩普氏系数；a_1为自然平衡拱跨度之半。

(1) 斜井井筒浅埋部地压计算公式为：

$$q=\gamma h_p\left[1-\frac{h_p}{2a_1}\mathrm{tg}^2\left(45°-\frac{\varphi}{2}\right)\mathrm{tg}\varphi\right] \quad (9)$$

$$c=\gamma\left(h_p+\frac{h_t}{2}\right)\mathrm{tg}^2\left(45°-\frac{\varphi}{2}\right) \quad (10)$$

式中q为顶压值；φ为围岩容重；c为侧压值。

(2) 斜井井筒深埋部地压计算，公式为：

$$q=\frac{2a\gamma_s}{f_d}\left[a+h_t\mathrm{tg}\left(45°-\frac{\varphi}{2}\right)\right] \quad (11)$$

$$c=\frac{1}{2}\gamma_c h_t\ (h_t+2h_s)\ \mathrm{tg}^2\left(45°-\frac{\varphi}{2}\right) \quad (12)$$

式中γ_d为顶板的围岩容重；γ_c为侧帮的围岩容重；f_d为顶板围岩普氏系数。

由于围岩性质与系数选取之间的差异，应用理论公式计算斜井井筒的地压，其结果与实际之间往往有较大出入。在设计斜井井筒支护时，也可采用工程类比的方法，选取估算地压的经验数据，见表3。

斜井井筒砌体结构计算 砌碹是当前斜井井筒支护的主要方式。无论采用何种支护方式，自井口到坚硬

表3 估算地压的经验数据

围岩情况	岩层倾角	地压	围岩移动量	围岩压力	支护条件
软岩围岩	缓倾斜、软斜				
	急倾斜				
中等稳定围岩	缓倾斜、软斜				
	急倾斜				
不稳定围岩	缓软斜、倒斜				
	急软斜				

注：γ——岩石容重；H——深度；R——[illegible]

岩石之间也必须采用砌碹支护。碹体由拱、墙和基础构成。

拱厚：一般按普氏经验公式计算，公式为：

$$d_0=4.4\frac{a}{[\sigma_n]\sqrt{f}}\sqrt[3]{\frac{a}{h_0}} \quad (13)$$

式中d_0为拱厚；$[\sigma_n]$为砌体允许抗压强度；h_0为拱的净矢高。

墙厚：当采用料石、混凝土砌块砌筑时，墙厚和拱厚相同；采用现浇混凝土或钢筋混凝土砌碹时，墙厚可按下列经验公式计算：

$$T=(1.2\sim1.5)\ d_0 \quad (14)$$

式中T为墙厚。

基础：基础的厚度一般与墙厚相同。基础的深度，无水沟时，一般为250mm；有水沟时，一般为500mm。

斜井井筒砌碹支护的结构尺寸，通常可采用工程类比法，取用经验数据。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

《中国大百科全书矿冶卷》，中国大百科全书出版社，1984。

翁家杰主编，《井巷特殊施工》，煤炭工业出版社，1991。

淮南矿业学院、山东矿业学院编，《建井工程结构》，煤炭工业出版社，1979。

沈正芳、王德民、郑青林译，《立井井壁》，煤炭工业出版社，1981。

（陈同伦）

jingtong zhuangbei

井筒装备 (shaft equipment) 在立井井筒中安装的罐道梁、罐道、井梁、梯子间和各种管线等设施。

井筒装备平面布置见图1。

由罐道、罐道梁组成提升容器运行的导向装置。罐道沿井筒纵向全深设置，按结构型式分为刚性罐道和柔性罐道。刚性罐道有木罐道、钢轨罐道、型钢组合罐道和整体轧制异形罐道，刚性罐道沿立井井筒纵向每隔一定距离固定在罐道梁上，构成空间弹性结构，保证提升容器高速安全运行。柔性罐道又称钢丝绳罐道，利用钢丝绳作为提升容器运行的导向装置，钢丝绳罐道的两端在地面利用井架、在井底利用专用装置予以固定和拉紧，井筒内不设置罐道梁（图2）。罐道梁是沿立井井筒纵向，间隔一定距离为固定罐道而设置的水平梁，罐道梁由方木、混凝土、型钢或组合型钢制成，梁的端部与井壁固定或互相联结构成水平网格结构。

梯子间是立井井筒中安设梯子用作安全通路四周

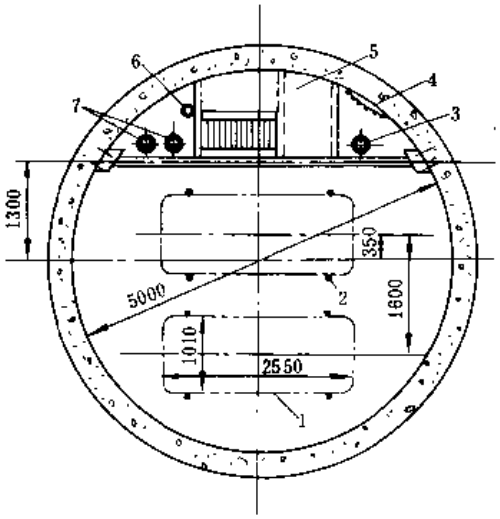


图 1　井筒装备平面布置略图

1—提升容器（箕斗、罐笼）；2—罐道；3—压风管；4—动力电缆；5—梯子间；6—给水管；7—排水管

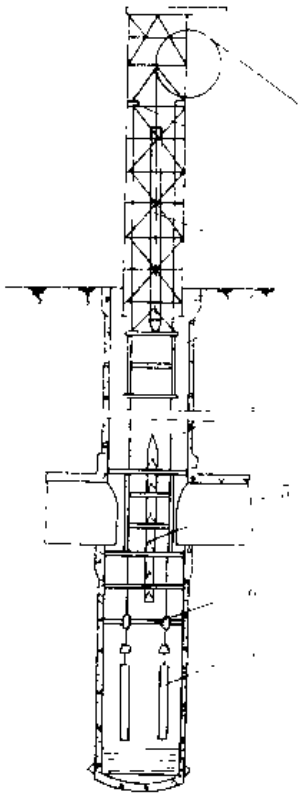


图 2　采用钢丝绳罐道时井筒装备纵向布置略图

1—钢丝绳罐道固定装置；2—井口进出车水平的刚性罐道；3—提升容器（箕斗、罐笼）；4—钢丝绳罐道；5—井下进出车水平的刚性罐道；6—罐道绳定位平台；7—井底拉紧装置

封闭的隔间，用作地面与井底连接的人行安全通道。当停电和井下发生突然事故时，用以撤离人员，日常也可用于检修井筒装备和处理卡罐事故。

立井井筒装备中各类管路的布置应便于安装、检修和更换。两管路之间、管路与井壁之间及管路与提升容器之间要有足够的安全间隙。为了防止管路位移，管路应固定在管子梁或罐道次梁、梯子梁上，层间距一般和罐道梁层间距一致。为承担管路自重及“水锤”所产生的冲击力，沿井筒纵向每隔一定距离设置托管梁，管线用管座固定在托管梁上。电缆一般固定在井壁的电缆架上，电缆悬挂点的间距不应超过 6m。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

史天生，《立井井筒装备》，煤炭工业出版社，1981。

（陈同伦）

jingtong zuanjin

井筒钻进　(shaft drilling)　用钻井机破岩、泥浆临时护壁和压气反循环洗井排矸的钻井工艺过程。

钻进方式　有全断面一次钻进和分级扩孔钻进两种。前者用钻井机按设计的井筒断面，一次进行钻凿，适用于直径较小的浅井和表土冲积层。煤矿井筒直径大、井筒深，多采用分级扩孔钻进，先用小直径超前钻头钻进，尔后逐次扩大至设计直径。超前钻头和扩孔钻头的直径一般是固定的，国产 AS－9/500 型钻井机各级钻头的直径分别为 4m、5.1m 和 7.8m。个别钻机（如 BZ－1 型）钻头直径可在一定范围内调整。钻头直径是根据钻机能力、岩石性质、给定钻压等参数经计算确定的。选择扩孔直径和次数的原则是：在转盘和提吊系统能力允许的条件下，尽量减少扩孔次数以缩短工期。

钻进顺序可采用超前孔一次钻井筒全深，扩孔钻也一次钻全深的钻进顺序，主要用于基岩部分所占比例较小时的井筒钻进。当基岩部分比例较大时，可采用减少表土段扩孔次数的措施，即充分利用钻井设备能力，加大表土段的一次扩孔面积，使表土段的扩孔次数少于基岩段的扩孔次数，并依此安排钻进顺序。选择钻进顺序的原则是：有利于提高破岩效果，缩短改换刀盘和刀具的时间。

为了提高钻进的垂直度，多采用减压钻进。钻进时，以钻头在泥浆中重量的 40%～60%做为钻压，其余重量均处于悬吊状态，利用摆锤原理保持钻进的垂直度。中国安徽淮南矿区钻进的四个井筒，井深 450～500m，冲积层 400m 左右，井孔偏斜度均小于 1‰。

钻进破岩刀具有刮刀、楔齿滚刀和球齿滚刀三种。

中国在20世纪70年代前后，在冲积层使用刮刀破土，但钻进阻力大，刀具磨损快，又易产生泥包钻头，影响钻进效率。除厚砂层外，已改用长楔齿滚刀，对中硬以下岩层采用短楔齿滚刀，在硬岩中采用球齿滚刀。

钻进时破碎下来的岩屑，用压气提升反循环洗井方式由泥浆裹携至地面，利用自沉、化学或机械方法把岩屑从泥浆中清除掉。处理后的泥浆，由地面沟槽流入井内继续使用。

钻进参数 是显示井筒钻进工作状态的主要技术指标，主要包括钻压、转数、转矩和冲洗量。钻进速度是钻进参数调节效果的综合显示。

钻压 钻头破岩时全部刀具刀齿对所接触的岩层施加的压力总值。刀齿单位长度上的压力叫比压，一般为岩层抗压强度的1/3～2/5，根据刀齿接触岩层的总长度可以算出钻压值。钻压大小对钻进速度有着密切的关系。钻压小刀具不能压入岩石，如为刮刀只在岩石表面摩擦，如为滚刀只随钻头转动其重心不断作升降式振动，其破岩效果都很低，只有当刀具压入岩石时，才能获得一定的钻进速度。

钻压值是确定钻井机提升量的基本参数。根据钻压值，考虑泥浆浮力减重和减压钻进时钻头始终处于悬吊部分的重量，就可得出钻进需要的钻头重量。钻头重量又是计算钻杆、方钻杆、水龙头和提吊系统能力的基本依据。

转数（又称转速） 单位时间钻具旋转的次数。转动的刀具在钻压作用下，冲击、挤压和剪切破碎岩层。在洗井充分、钻压在合适的范围内，转数提高，钻速也提高。但转数的提高受护壁和刀具要求的限制：钻头旋转带动洗井液旋转，转速过高会对井帮产生冲击，甚至引起塌帮事故；在砂层，钻头外缘最大线速度一般为1.2～1.5m/s，其它冲积层2.0m/s；刀具寿命随转数增加而下降，一般基岩中控制钻头外缘线速度在1.5～2.5m/s。

冲洗量 单位时间井筒内泥浆的循环量。刀具破碎下来的岩屑，在钻头体下面的空间，被螺旋线流动的泥浆冲洗到钻头底部的吸收口，然后通过钻杆排上地面，冲洗量越大，泥浆流动速度越快，有利于推动岩屑向吸收口移动，可减少岩屑重复破碎、提高钻进效率，但冲洗量受钻杆断面以及压气提升器效率的限制，中国钻井法凿井冲洗量最大可达到1200m³/h。

转矩 驱动钻具旋转的力矩。转矩主要与钻压、钻头直径、刀具形式、地层条件等因素有关。一般钻机转矩随钻压和钻头直径增大而增加，刮刀钻头阻力矩大于楔齿滚刀，球齿滚刀阻力矩小。硬岩需较大的钻压才能破碎，故阻力矩亦相对较大。

钻进参数一般都显示在钻机操作台上，实际操作时需随时调整参数以适应不断变化的地层性质，既要满足破岩要求，又要保护机具不因过载而损坏。

泥包钻头 井底岩屑粘糊在钻头上，堵塞吸收口，甚至包住整个钻头，阻断泥浆循环的现象。常发生在粘土层、粘土岩、页岩和泥岩的钻进中。造成泥包钻头的主要原因是钻压过大、钻进速度过快、泥浆冲洗量不足，泥浆粘度过高。

在粘性地层中，钻压过大、刀具插入地层较深，刀具被包裹在粘性土中，甚至钻头被粘七粘住，形成大泥包团，使钻进无法进行。泥包钻头增加了滚刀的自转阻力，使滚刀滑动，会造成偏磨刀体或损坏刀具。处理泥包钻头，要增加了起、下钻次数，增加辅助时间，加大了工人劳动强度和总钻进工期。产生泥包钻头后，有时会使钻头体外缘扩大，提钻会产生抽吸现象，使冲积层井帮失稳塌帮，也有时造成孔径增大，增加井筒后期固井时的充填量和工程费用。

采用封闭式锥形钻头、偏心吸收口、降低泥浆粘度，增加泥浆在井底的流动速度和岩屑移动的速度，提高冲洗井底的效率；当钻进粘性土层时，降低钻压和提高转数；扩孔钻进时，当前一级井孔充满岩屑时及时进行掏孔等措施，均可减少泥包钻头。

（王贵淳 陈瑞孟）

jingwo

井窝 （shaft sump） 又称井底水窝。井底车场水平以下的一段井筒。用以积存和排出井筒淋水及提升装卸载撒煤。井窝分斜井井窝和立井井窝。

斜井井窝 箕斗斜井及带式输送机斜井，皆于井筒装载硐室以下设置井窝，井窝的深度根据井筒涌水、提升装卸载撒煤、井窝的清理方式及布置要求确定。生产矿井井窝短的仅3.0m，长的达25.0m。斜井井窝需专设泵房及矿井提升绞车，用于排水和提升（清理）撒煤。

立井井窝 按井筒提升容器的类别及通风要求的不同分为箕斗立井、罐笼立井、通风立井井窝。①箕斗立井井窝。当箕斗立井装载硐室位于大巷水平以上时，井底漏斗仓或撒煤斜溜道与车场水平的井底清理巷道连接，井窝无排水和提升撒煤设备。当箕斗装载硐室位于大巷水平以下时，井窝随井底清理撒煤方式、布置形式的不同其深度各不相同，且井窝需设置排水和提升撒煤设备。②罐笼立井井窝。根据井筒用途、提升设备、井底装备、进出车方式、井筒淋水、井筒延深方式、井窝排水及清理方式等因素确定井窝深度。罐笼立井升降人员，采用托罐梁或托罐座承接罐笼，井窝深度一般

为托罐梁下 5.0m（木罐道 2.5m），若井筒需延深则为 10～15m。当罐笼立井为单绳提升并提升人员时，井底采用摇台承接罐笼，摇台下应留过卷深度再设托罐梁，而托罐梁下井窝深度视井筒装备及井底清理方式确定，一般为 2～5.0m。如采用多层罐笼提升，一个水平出车，摇台下除留过卷深度外，应考虑存放下层罐笼，再设托罐梁。当罐笼立井采用多绳提升时，井窝主要根据井底提升系统和井筒装备的安装要求确定，井窝一般从防扭结梁下尾绳环起至窝底 5.0m（井筒延深时为 10～15m）。当多绳提升采用钢丝绳罐道时，井底托罐梁下另增设钢丝绳罐道的定位梁及拉紧装置平台梁，井窝一般为钢丝绳罐道拉紧装置重锤底面至水面 2～3.0m，加窝底 5.0m（井筒延深时为 10～15m）。③通风立井井窝。当风井无提升设备，也不延深，专作通风和上下人员时，一般不设井窝。有时因施工需要在回风水平以下设 4～6.0m 井窝，但不设排水设备。

井窝一般采用混凝土支护。斜井设有人行台阶自井底通往装载硐室。立井设梯子间上通井底车场或箕斗装载硐室，下有壁梯通达窝底。

井窝清理方式 斜井或立井井窝中的积水、煤泥及其他沉淀物的清理，按箕斗斜井、带式输送机斜井、箕斗立井、罐笼立井等，分为不同的方式。

(1)箕斗斜井井窝的清理方式有二种。一是利用斜井井窝作为水与煤泥沉淀池，井底设水泵房排除积水，煤泥用人工装入箕斗，排出井底，特点是工程量小、施工方便，但煤水混合不易清理，劳动条件差、强度大，仅用于井筒涌水量小的矿井。二是在箕斗斜井装载点下部设一储煤漏斗，将煤泥集中装入矿车，通过另开平巷或斜巷提到井底车场，或设刮板输送机运出井底，水溢流至下部水仓，由水泵排入井底车场水沟，特点是效果好，但工程量较大。

(2)带式输送机斜井井窝的清理方式也有二种。一是于斜井装载点下部或胶带拉紧装置以下利用井筒或平巷设置沉淀池、小水仓、井窝水泵房、清理斜巷及绞车房等，煤泥采用人工清理装矿车，经斜巷或检修道提出井底，水由井窝水泵房排至矿井主水仓或大巷水沟。二是在斜井井筒下部及一侧平巷中开凿立井沉淀眼，眼下设巷道可将眼中的煤泥运走，水二次沉淀后排出或在斜井下部设水平沉淀池，池内设刮板输送机进行装矿车，其溢流水经水窝水泵排出。这二种清理方式效果好，劳动强度小，但工程量大，施工困难。

(3)箕斗立井井窝清理方式。当箕斗立井装载硐室位于井底车场水平以上时，箕斗撒煤和井筒淋水经井底漏斗直接流入沉淀池，煤泥用电耙装矿车，由井底车场或大巷机车牵出，溢流水直接经水沟流入矿井主水仓，见图 1。当箕斗立井井底煤仓设在运输水平以下时，将撒煤和井筒淋水引至井筒外侧，设置沉淀池、水仓、清理设备，采用电耙清理装矿车，两个沉淀池交替

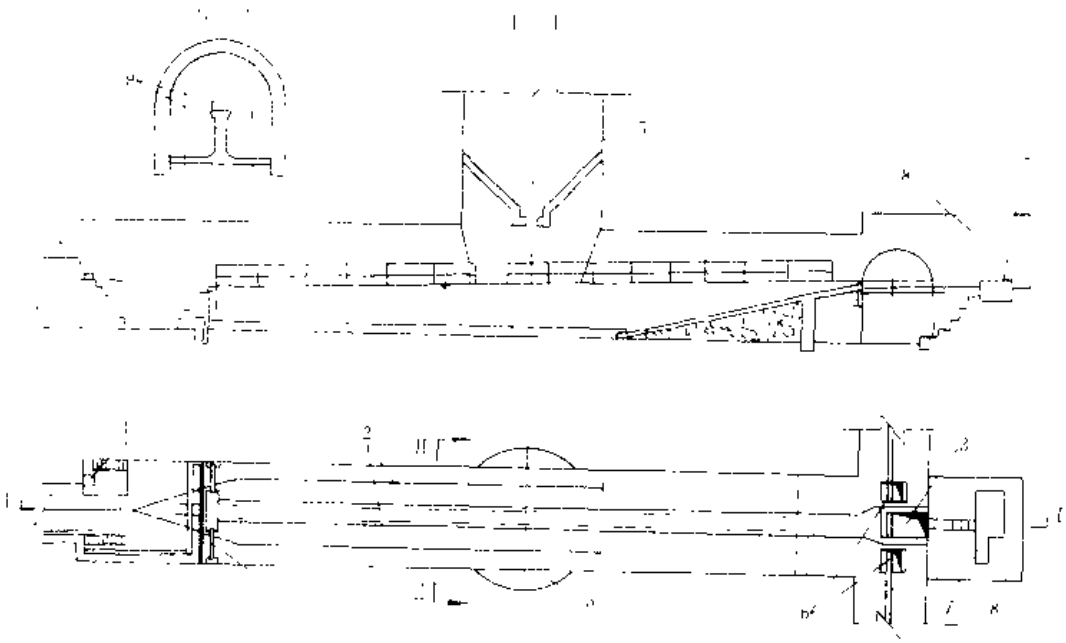


图 1 箕斗立井井窝清理方式之一

1—电耙尾绳固定装置基础；2—沉淀池；3—行人孔；4—脱水木闸板；5—箕斗立井；6—溜煤孔；7—电耙绞车基础；8—电耙绞车房；9—轨道中心线

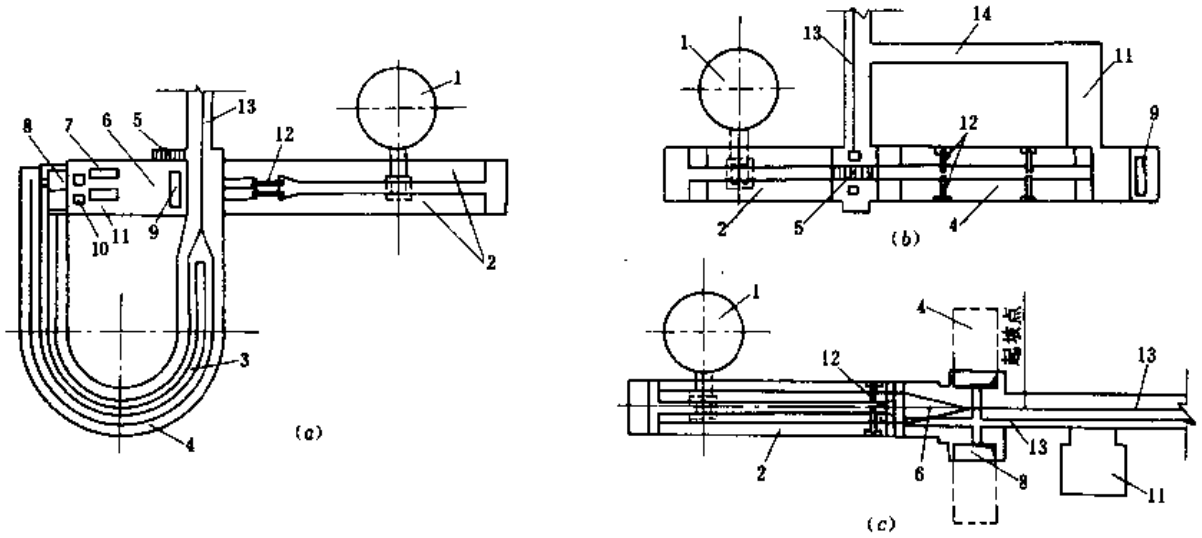


图 2　箕斗立井井窝清理方式之二

a— "b" 型布置；*b*— "一" 型布置；*c*— "T" 型布置

1—主井；2—沉淀池；3—水仓隔墙；4—水仓；5—行人台阶；6—电耙绞车房；7—水泵；8—吸水小井；9—电耙绞车；10—电机；11—井窝泵房；12—溢水木隔板；13—清理斜巷；14—通道

箕斗立井井窝清理硐室布置形式及特点

布置形式	特　点	优 缺 点	适 用 条 件
"b" 形	井窝泵房与耙斗绞车房为联合布置，水仓采用矿车清理	沉淀效果好，但工程量较大，清理工作效率较低，工作条件也较差	粉煤较多、淋水较大的矿井
"一" 形	电耙绞车设在水仓侧端部，水仓采用电耙清理（电耙绞车反向运转）	工程量较小，清仓工作效率较高，改善了清仓工作条件，但因水仓较短，沉淀效果较差	粉煤较少的矿井
"T" 形	电耙绞车设在固定平台上，井窝泵房设在清理斜巷起始点之上，水仓采用吊桶清理	工程量小，但清理工作效率低，工作条件也较差	粉煤较少、淋水较小的矿井

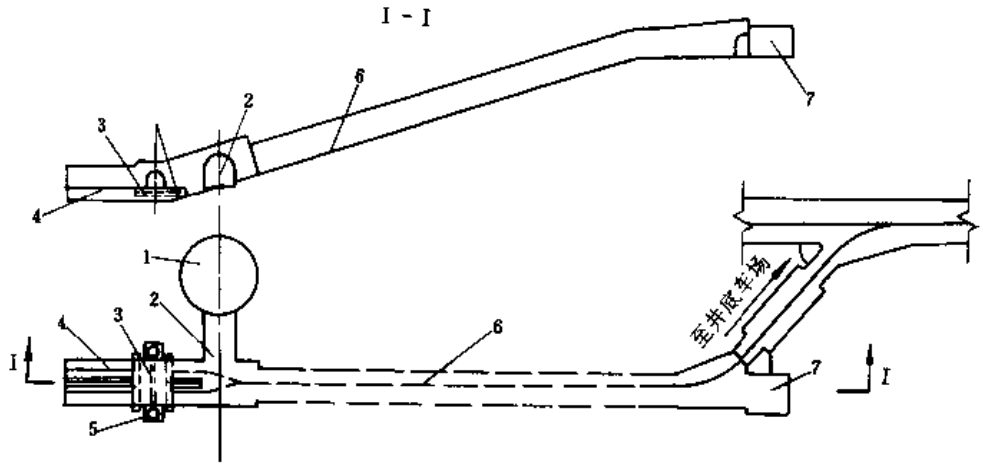


图 3　罐笼立井井窝清理方式

1—罐笼井；2—泄水巷；3—平台；4—水仓；5—吸水小井；6—清理斜巷；7—绞车房

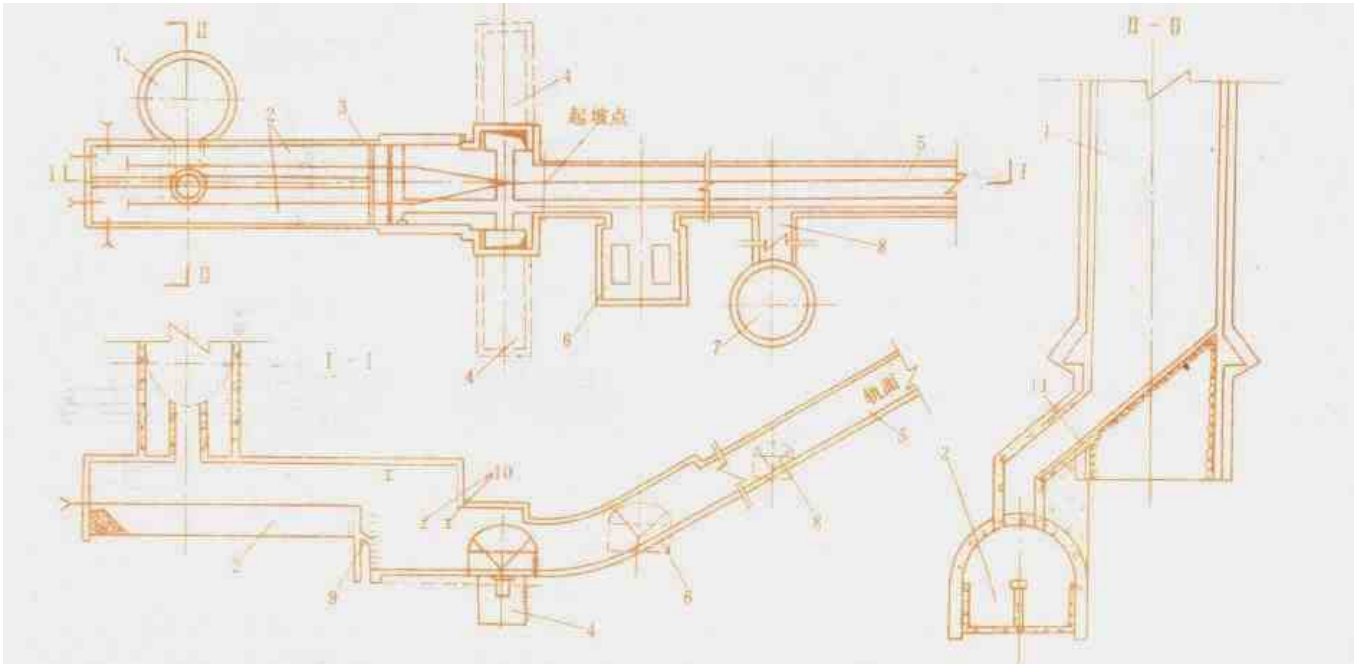


图 4 主、副井井窝集中清理方式

1—主井；2—沉淀池；3—木闸板；4—水仓；5—清理斜巷；6—井窝泵房；
7—副井；8—副井井底泄水巷；9—煸斗嘴；10—电耙绞车房平台梁；11—辉绿岩铸石块

使用，由绞车提升至井底车场。由于清理机械设备布置及清仓方式不同，硐室布置分为“b”、“一”、“T”三种形式，见上页图 2，其布置特点及适用条件见上页表。

中国 20 世纪 50 年代和 60 年代初曾应用箕斗井底设置撒煤漏斗仓，采用清理斜巷下放小箕斗直接装入撒煤，小箕斗提升至井底车场水平装矿车，溢流水存于井窝，由井筒一侧硐室内的水泵排出。此种方式工人劳动条件差，水煤经常堵仓，放煤时水煤突出不利安全，且斜巷倾角大、施工困难、维修不便，应用较少。

(4)罐笼立井井窝的清理方式有三种。一是于井窝上方井壁一侧开凿水泵硐室排水或不设排水硐室而采用潜水泵排水，不提人的井窝较浅，自溢排水，清理淤泥采用吊桶，工作人员下到井窝，它工程量小、成本低，但不安全、不方便、干扰生产、设备维修困难。二是专作巷道进行排水和清理。当主井为箕斗提升，清理撒煤系统布置在井底车场水平，副井为罐笼提升，井窝底部掘泄水巷，单独设清理斜巷及水仓进行排水和矿车清理淤泥，见上页图 3，这种方式安全方便，但工程量较大。三是将罐笼立井井窝与箕斗井清理斜巷打通，主、副井集中清理，这种方式用于主井为箕斗提升，清理撒煤系统布置在井底车场水平以下的矿井，见图 4，可省一套排水设备，排水及清理较方便简单，但井巷工程量较大。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

（张之浚）

jingxia baozha cailiaoku

井下爆炸材料库 （underground magazine）

曾称井下火药库。经主管部门批准、按专门规定建造

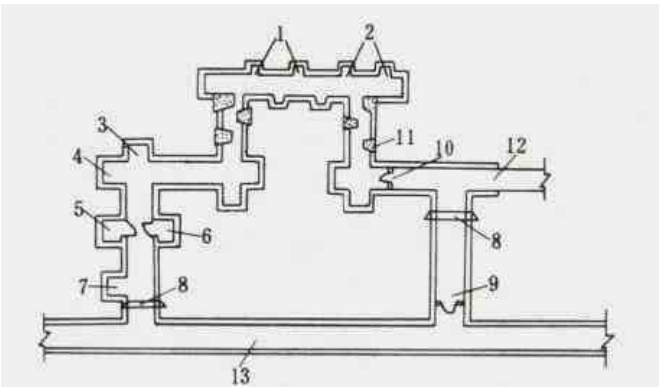


图 1 壁槽式爆炸材料库

1—贮存炸药的壁龛；2—贮存雷管的壁龛；
3—雷管检查和选择室；4—消防设备用具室；
5—炸药发放硐室；6—放炮员工具贮藏室；
7—电器设备室；8—防冲击波活门及防冲击波密闭门；9—栅栏门；10—调节风门；
11—挡墙；12—回风道；13—运输大巷

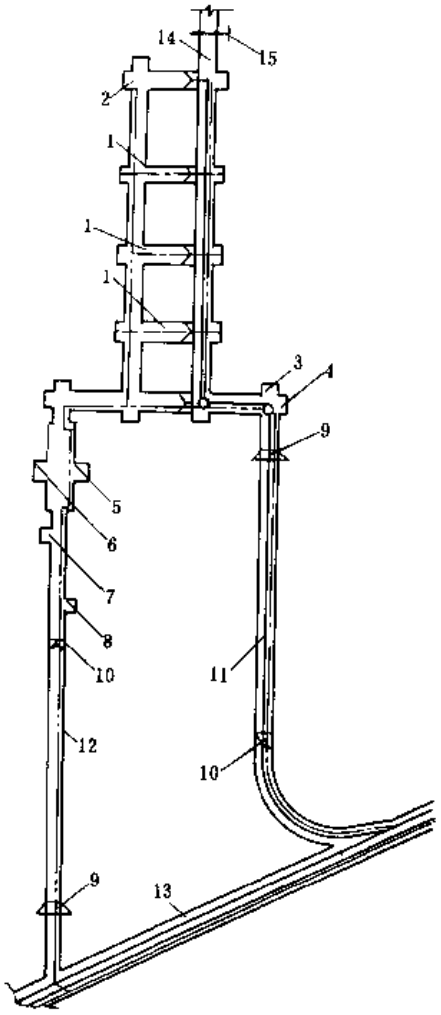


图 2 硐室式爆炸材料库

1—炸药存放硐室；2—雷管存放硐室；3—雷管检查室；4—雷管加工室；5—放炮工具室；6—炸药发放室；7—消防器材室；8—电气设备室；9—防冲击波活门及防冲击波密闭门；10—栅栏门；11—进药通道；12—发放通道；13—运输巷；14—回风道；15—调节风门

的，井下存放炸药、雷管等爆炸材料的硐室。为了安全贮存和发放爆炸材料（炸药、雷管和导火索等），井下需设置特殊形式的爆炸材料库，它的布置形式有壁槽式及硐室式两种，见图 1 和图 2。在工程量相同时硐室式的贮量较壁槽式大 4～5 倍，施工及搬运亦较方便，但安全情况不如壁槽式。井下爆炸材料库包括库房、雷管检查室、炸药发放室、放炮工具室及通道等硐室，建造在围岩稳定、运输方便、靠近主要进回风道的位置，并要形成单独的进回风流。

爆炸材料库进行设计时，必须满足以下安全要求：①必须严格遵守《煤矿安全规程》和“执行说明”及设计规范规定的与井筒、井底车场、各种巷道及硐室的安全距离；②库内贮存量不得大于该矿井三昼夜的炸药用量和十昼夜的雷管需要量，一般千吨产煤炸药用量为 200kg、雷管 600 个左右，炸药雷管分开贮存，每个硐室的炸药贮存量不得超过 2 吨，每个壁槽不得超过 400kg；③库房通道应设防冲击波活门及防冲击波密闭门，尽头巷道内必须设置缓冲砂箱隔墙；④有煤尘爆炸危险的矿井，库房通道要设岩粉棚或消防洒水设施；⑤必须采用防爆型照明设备，电压不得超过 127V，要杜绝杂散电流，室温不得超过 30℃。

参考书目

《煤矿安全规程》，煤炭出版社，1986。

淮南煤炭学院编写，《巷道设计》，煤炭工业出版社，1983。

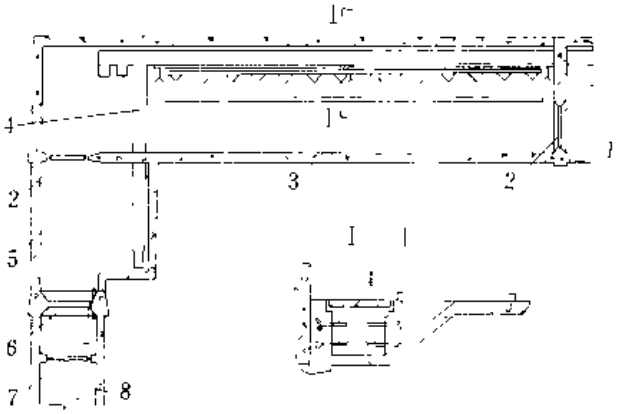
（孙恩棠　兰生智）

jingxia biandian dongshi

井下变电硐室 （underground substation room） 服务于矿井井下变、配电的专用硐室。按使用地点不同分为井下主变电硐室和采区变电硐室。

井下主变电硐室 又称“井下中央变电所硐室”。通常设置在井底车场内，服务于全矿井变、配电的硐室。应靠近用电负荷中心布置，一般与主排水泵硐室联合布置，并靠近敷设管线的井筒和井底车场运输巷道，与主排水泵硐室间设隔墙和向主排水泵硐室开启的防火门或防火栅栏两用门。它单独布置时，应靠近主排水泵硐室和敷设管线井筒的井底车场附近。根据井筒位置和井底车场布置条件，硐室布置形式有：“一”形和“L”形两种，“一”形硐室的通道与井底车场回车线相接，“L”形硐室的通道与副井重车线相接。井下主变电硐室由配电室、变压器室、通道及电缆沟组成，见下页图。

配电室与变压器室之间设隔墙，设向配电室开启的防火门或防火栅栏两用门。配电室一端靠近水泵房，设备沿硐室纵向单排布置或双排布置，要按有关规定留有高、低压配电装置的备用位置。变压器室一端连接配电室，另一端为通往井底车场的通道，设备沿硐室单排布置。配电室与变压器室内设备和基础布置、尺寸、预埋件及预留沟道孔洞按电气专业设计确定，设备与硐室墙壁之间有一定的安全或检修距离，设备操作侧留有操作和运输安装设备的宽度，各类设备之间设有过道，硐室尺寸按设备安装、检修、运输、通风等需要确定。硐室要保持良好通风，空气新鲜干燥，温度不得超过 30℃。硐室地坪用混凝土铺底，地坪标高要高出通道与井底车场连接处的底板 0.5m 以上，一般为三心拱或半圆拱，用料石或混凝土砌碹，当围岩有淋水或



井下主变电硐室

1—主排水泵硐室；2—防火门；3—配电室；4—电缆沟；5—变压器室；6—密闭门；7—栅栏门；8—通道

滴水时，支护设计要有防水防潮措施，以保持硐室干燥。

通道断面尺寸要满足硐室内大件设备运输要求，要安装向外开启的防水兼防火密闭门，门外设栅栏门，门外 5m 内应砌碹或用其他不燃性材料支护。

电缆沟为方形断面，尺寸需满足检修、安装、施工要求，并以一定坡度倾向主排水泵硐室或集水坑，以排除积水。

采区变电硐室 向采区设备供电的变、配电专用硐室。一般设在采区用电负荷中心、岩层稳定、通风良好的采区上山或石门运输巷道中。硐室长度超过 6m 时，硐室两端设出口。硐室布置有“一”形、“L”形、“门”形三种。“一”形布置简单、应用广泛，多布置在两条巷道之间；“L”形常布置在垂直巷道一侧；“门”形为直线巷道一侧的布置形式。硐室内一般不分隔为配电室和变压器室，将高压和低压设备分别布置在硐室两侧。硐室设计原则与井下主变电硐室基本相同，异点是要求硐室地坪高于邻近巷道底板 0.1～0.2m，设有向外流水坡度，硐室出口通道装设向外开启的防火门或防火棚栏两用门与轨道系统相通。

（孙恩棠　袁孔华）

jingxia fuzhu yunshu xitong

井下辅助运输系统 （underground auxiliary haulage system） 井下煤炭运输以外的材料、设备、矸石、人员等运输所需的巷道及其运输设备的总称。井下辅助运输一般均构成相对独立的工艺系统。

井下辅助运输有经常性的运量较多的矸石、材料及人员的运输，也有集中性的单体大重量的综采设备搬迁运输，为提高效率应尽量减少转载环节。按运行方式井下辅助运输分为轨道运输、单轨吊运输和无轨运输三种。

轨道运输 利用轨道作承托—导向体，以车轮作运输容器的运送方式。按牵引方式不同分为普通机车运输、钢丝绳牵引运输、无极绳运输、卡轨车运输、齿轨车运输、胶套轮机车运输、胶套轮齿轨卡轨车运输等多种。

普通机车运输 靠粘着牵引的架线（电力）式、蓄电池式或防爆低污染柴油机为动力，牵引运输设备将物料运送到相应地点的一种常用运输方式。它具有效率高、能力大、速度快、运营费用低、运行灵活等特点，当井下运煤系统采用机车运输时，可兼顾辅助运输。在长距离的水平巷道应优先选择普通机车运输方式。

架线式（电力）机车因与接触线不断产生电弧火花，只适用于低瓦斯矿井的车场、大巷运输。现已形成系列，按粘着重量分为 3t、7t、10t、14t、20t 机车等。

防爆型蓄电池机车可用于瓦斯矿井，但须专设充电设备，维护费用高。大巷运输可采用粘着重量为 8t 和 12t 机车，掘进工作面采用 2.5t 或 5t 机车。

防爆低污染柴油机车须严格进行排气处理，以降低井下污染，按机车功率已有 20 马力、40 马力、60 马力、90 马力等型号。

钢丝绳牵引运输 以缠绕式绞车为动力，通过钢丝绳牵引运输设备运送材料的运输方式。它速度高、设备简单、操作方便、维护检修容易、投资省，是国内采区上下山和顺槽中较普遍采用的辅助运输方式。在倾角 7°～25°的采区上下山一般采用单卷筒绞车，在采区顺槽多采用调度绞车。

无极绳运输 以摩擦式绞车为动力，用循环运行的钢丝绳牵引运输设备来完成物料运输的一种轨道运输方式。其特点是运输能力不受运距长短的影响、设备简单、操作方便、维护检修容易、投资少、绞车安装位置灵活。但维修及辅助劳动量大、安全性差，受钢丝绳长度和直径限制运距不宜太长，长巷道需多台接力运输。在运量不大、坡度较小、巷道弯曲较少的小型矿井的大巷或采掘工作面的顺槽运输可选用无极绳运输方式。

卡轨车运输 是在车辆和轨道之间安装卡轨轮导向并设有断绳、超速等保护装置，防止车辆掉道和断绳跑车事故，它是一种新型的轨道运输方式，可用钢丝绳或机车牵引。轨道有普通窄轨和异型轨两种，其优点是安全可靠、运输速度快、牵引能力大、载重量大、爬坡能力强，机车牵引比绳牵引机动灵活，绳牵引不能分叉运输，转载环节较多。由于机车自重较大，牵引能力和

爬坡能力受到一定限制，一般坡度不大于8°。

齿轨车运输 在普通轨道中间加装一条齿轨，机车除车轮作粘着传动牵引外，另增加1～2套驱动齿轮和制动装置与齿轨啮合，增大牵引力和制动力。平巷靠粘着力在普通轨道上高速运行，超过正常坡度地段用齿轨加粘着力或单独用齿轨低速牵引。采用齿轨机车牵引的列车可不摘钩实现大巷、采区上下山、顺槽连续运输，实现长距离多分枝运输，爬坡能力可达10°～14°，牵引列车为普通车辆，可与普通机车共用。但机车自重比一般机车高1～2倍，功率消耗大，齿轨造价高，需经常维修保证良好啮合，承受荷载和运行速度有限，适合在近水平煤层盘区开拓的矿井使用。

胶套轮机车运输 在普通机车钢轮上套一胶质套圈作轮缘踏面，提高车轮与钢轨之间的粘着系数，用于10%以下坡度起伏不平的巷道，增大普通机车的使用范围，它体积小、牵引力大、爬坡能力强、运行方便、使用灵活，是采区运输和调车的较好设备，但胶套轮磨损大、维护费用高。

胶套轮齿轨卡轨车运输 是胶套轮机车与齿轨车、卡轨车的特点综合派生的运输机车，以适应各种不同的生产场合，目前正在试用中。

单轨吊运输 将驱动装置与运载容器吊挂安装在巷道顶梁或顶板上的单根专用轨道上实现卡轨导向运输的一种辅助运输方式。有绳牵引和机车牵引两种，机车又分为内燃机机车和蓄电池机车两种，当多区间、多分枝巷道运输时为机车牵引。单轨吊运输在各类巷道中均可运送材料、设备及矸石，它不受底板状况的影响，运输装载机动灵活。但运行轨道需吊挂在巷道支架上，对巷道顶板和支架强度要求高，钢材用量大，在巷道底鼓严重、机械化水平高、井下人员较少的矿井可以选用。巷道倾角小于8°时，宜选用柴油机牵引单轨吊，实现大巷、采区上下山、顺槽连续运输，将液压支架等重型设备直接送到工作面。掘进工作面和顺槽运输可选用小马力的柴油机单轨吊、蓄电池或简易绳牵引单轨吊。巷道倾角大于8°时，可选用绳牵引单轨吊，运距一般不大于2000m，且不能在分枝巷道运输，需增加转载环节。

无轨运输 由各种无轨胶轮车组成，为自由行驶车辆，不需铺设轨道的运送方式。动力有柴油机、蓄电池、拖曳电缆的电动式。其特点是机动灵活、适应性强、效率高、适应范围广、经济可靠、一机多用。工作机构可更换为铲斗、修理车、集装箱、各种卸料斗、人车、救护车、修理车、运煤车、矸石车、牵引吊车等。车上还可装设绞车、凿岩机、锚杆机等，可整体运送液压支架。但要求巷道宽度大，对支护形式、底板路面要求较高，并对运行信号、调度设施要求严格，以保安全。无轨胶轮车适合在近水平煤层或倾角小于12°的缓倾斜煤层、底板条件较好的矿井和采用连续采煤机开采的矿井选用。

发展趋势 ①提高单机设备性能，适应煤矿井下各种不同的使用条件，普通机车加大牵引能力、加快运行速度、加大运输量，蓄电池能源需加大容量、延长使用寿命、方便简化充电设施，柴油机车改善排气装置、减少井下污染；②为适应综采机械化设备搬迁的需要，采区范围内的辅助运输设备，需发展体积小、能力大、操作简便的专用或通用运输设备，尽量减少搬迁周期；③辅助运输系统尽量减少转载环节，并开发快速方便的转载机具；④为配合辅助运输的机械化、系统化、需改变固定模式的运输车辆，向集装箱式、组装式的方向发展。

（孙博学　丁　易）

jingxia gongpeidian shebei anzhuang

井下供配电设备安装 (installation of underground power supply and distribution system)

主要包括矿用变压器、矿用高压开关柜、矿用高压隔爆配电箱、矿用低压隔爆开关、矿用真空开关、漏电保护装置、矿用隔爆型移动变电站等设备的安装。煤矿井下供配电设备工作环境恶劣、一旦发生故障可能导致人身触电、设备损坏，甚至引起瓦斯或煤尘爆炸危及整个矿井安全，所以对井下供配电设备安装有极为严格的要求，特别是安装在有瓦斯、煤尘爆炸危险的采区变电所、巷道、采掘工作面的电气设备。下井前应仔细检查防爆性能，如隔爆型设备的隔爆面应完整无锈蚀，隔爆间隙不大于规定值，并涂以204－1防锈油或凡士林，确认防爆性能符合规定并取得入井许可证后方可下井安装。井下供配电设备送电运行前必须按《煤矿电气设备试验规程》规定的试验项目和标准进行交接试验，井下无条件试验的要在地面试验好再下井。井下安装供配电设备的硐室或巷道必须符合《煤矿安全规程》有关规定，不应有滴漏水现象，必须通风良好。

矿用变压器安装 分为矿用一般型变压器和矿用隔爆型变压器两大类。矿用一般型变压器安装在井下中央变电所或安装在虽有煤尘和瓦斯但无爆炸危险的采区变电所和巷道。矿用隔爆型变压器安装在有瓦斯和煤尘爆炸危险的采区变电所和巷道。矿用一般型变压器安装可参阅地面供配电设备安装的主变压器安装，但安装时还必须检查：油箱内充油不得超过油标上限，确保油箱内留有一定的空间可使绝缘油受热自由膨胀；注油塞上通气孔必须畅通。

矿用一般型变压器允许在与水平面成35°的倾斜巷道内运输。矿用隔爆型变压器为千式，外壳按隔爆要求制作，安装时应首先检查隔爆性能是否符合规定，高低压电缆接线盒要密封良好，送电运行前应打开变压器下部放水塞，放净内部冷凝水，然后拧紧。

矿用高压开关柜安装 矿用高压开关柜安装在煤矿井下通风良好、无瓦斯和煤尘爆炸危险的井底车场、巷道、中央变电所等处，包括用于分配电能的馈电开关柜和用于启动高压电动机的启动柜。矿用高压开关柜安装可参阅地面供配电设备安装的高压开关柜安装。由于矿用高压开关柜为封闭型，内部部件布置紧凑，安装时需注意：封闭隔板应齐全、封闭严密；裸露高压母线、电缆芯线相间距离和对外壳距离均不得小于60mm；油断路器为三相同箱多油断路器，相间必须进行绝缘电阻测定和交流耐压试验。

矿用高压隔爆配电箱安装 矿用高压隔爆配电箱安装在有瓦斯和煤尘爆炸危险的井下中央变电所、采区变电所和其他场所。配电箱种类较多，其断路器一般为多油式，新型配电箱已逐步采用高压真空断路器。矿用高压隔爆配电箱下井安装前应在地面进行如下检查调试：①检查主回路和控制回路的绝缘状况，如主回路绝缘电阻低于1000MΩ、二次回路低于0.5MΩ应进行烘烤干燥，一般在油箱内用3～4个150W白炽灯烘24h即可，个别绝缘部件受潮严重可取下放入烘箱烘烤；②检查隔爆性能应符合防爆规程规定；③调整断路器动触头行程、压缩行程、三相接触同时性、触头压力，并清理触头表面；④调整操作机构和闭锁装置；⑤调整继电保护装置和校验仪表；⑥加合格的绝缘油后按《煤矿电气试验规程》规定做交接试验。

配电箱下井运输过程中应轻装轻放，避免碰撞，不得倾倒，运到安装位置后要先进行操平找正，然后用螺栓固定。配电箱联台使用必须用联台防爆接线盒连接，电缆接线盒应用绝缘胶密封，不用的进出线喇叭筒必须用符合防爆规程规定的钢板密封。

矿用低压隔爆开关安装 矿用低压隔爆开关额定工作电压为1140V、660V或380V，用于有瓦斯、煤尘爆炸危险的采区或巷道。低压隔爆开关下井前在地面应进行如下检查调试：①检查防爆性能；②检查开关的型号、规格、线圈额定电压应与设计相符；③测试主回路绝缘电阻；④调整接触器主触头的开距、超行程、触头的初压力和终压力及三相接触同时性触头的贴合面不应小于60%；⑤调整分合闸机构，检查电磁铁吸合情况；⑥调整过负荷、短路保护、失压保护及漏电保护整定值。

低压隔爆开关应安装在与地平垂直位置，与垂直面的倾角不得超过15度，右配电点或设备硐室安装时应放在架子上。低压隔爆开关连接电缆必须符合防爆规程规定，一个接线嘴只允许连接一根电缆，同时必须装有合格的密封圈。用螺旋接线嘴进出电缆时钢板垫圈应和密封圈同时使用，不用的接线嘴应用密封圈和钢板堵死。开关接线箱内电缆压线应符合规定，接地线芯要比导线芯长一些。

矿用真空开关安装 包括矿用真空开关柜、矿用隔爆型高压真空配电箱和矿用低压隔爆真空开关安装。其安装要求分别参阅本条矿用高压开关柜安装、矿用高压隔爆配电箱安装和矿用低压隔爆开关安装有关内容。

矿用真空开关是用真空开关管组成断路器或接触器，所以安装调试真空断路器或真空接触器时首先要判断真空开关管是否漏气，具体方法是：①外观检查外壳和封接部位有无破裂、损伤，波纹管是否出现划伤、裂纹等不正常现象；②做交流耐压试验：真空开关管脱离外部线路、动静触头拉至额定开距在动静触头间加工频试验电压（额定工作电压6kV的真空管试验电压为21kV）1min，无击穿或闪路现象，则认为真空开关管没有漏气。对于存放时间较长的新真空开关管在使用前还应进行工频老炼，要求在额定开距下动端接地，静端施以交流高压，如2KB—630/10—12.5型真空开关管升压至25kV稳定1min，每隔1min升高5kV，直至42kV稳定3min。调整真空开关触头开距、超行程和三相接触同时性时一般用深度尺测量，测量精度保留到0.1mm。

漏电保护装置安装 漏电保护是煤矿井下安全供电的保证措施，漏电保护装置有多种类型，安装形式多样。6kV漏电保护一般使用选择性漏电保护装置，安装在矿用高压开关柜或矿用高压隔爆配电箱内，用于保护馈出线路。井下低压漏电保护有非选择性漏电保护装置和选择性漏电保护装置两类，非选择性漏电保护装置和矿用变压器低压侧总开关装在一起，用于保护整个低压回路；选择性漏电保护装置和低压支路馈电开关装在一起，用以保护支路馈电开关以下的线路。

漏电保护装置下井安装前在地面要进行检查调试：①隔爆性能是否符合规定；②核对装置内部接线，检查元件有无损坏、设备电压是否与电网电压相符；③测试绝缘电阻，做交流耐压试验；④测量各直流电源、电压及执行继电器的动作值；⑤测定漏电继电器的动作电阻值、动作时间及闭锁电阻值；⑥三相接入同容量的电容器做模拟试验测定其补偿效果；⑦配合馈电开关做整组跳闸试验。

漏电保护装置下井运输过程中需将继电器临时固

定牢，以防止继电器动作值改变。漏电保护装置宜安装在特设的架子上，水平放置，倾角不得大于15°，防止受潮和淋水。

电缆导线联接好以后要测定被保护电网总的绝缘电阻值。供试验用的辅助接地极应单独设置，不得多台共用。辅助接地极距主接地极间的距离不得小于5m。选择性漏电保护装置配备有零序电流互感器，安装时应特别注意极性不得接错。电缆外皮接地线不得穿过互感器。漏电保护装置送电试运行时要根据被保护电网的实际电容量调节电容补偿，使之达到最佳运行状态，其漏电闭锁、远方试验、就地试验及不断电试验功能均应符合设计要求方可正式投入运行。

矿用隔爆型移动变电站安装 矿用隔爆型移动变电站主要用于有瓦斯或煤尘爆炸危险的巷道和采区变电所，由隔爆高压负荷开关、干式隔爆变压器和低压隔爆馈电开关组合而成。高压侧6kV，低压侧有1140V、660V、380V三种，根据需要选择。移动变电站下井安装前在地面应进行检查调试：①检查隔爆性能；②测试绝缘状况，必要时应进行烘烤；③检查变压器分接开关；④调整高压负荷开关和低压馈电开关的动触头行程、超行程、三相接触同时性、触头压力；⑤检查调整操作机构和闭锁装置；⑥调整低压侧过负荷、短路保护、漏电保护；⑦按《煤矿电气试验规程》规定分别对高低压开关、变压器做交接试验。

起吊移动这种变电站时箱体上部四个大起吊环必须同时使用，箱体下部设有拖撬，可装矿车轮运输。运输时避免碰撞和剧烈震动，尽量整体运输，如必须解体运输时，防爆接口应用钢板和橡胶板密封。

移动变电站应水平安装，其垂直面倾角不得超过15°，与其他设备间隙不小于250mm，过人通道不小于700mm，变电站两端空地面积不小于1m²。移动变电站高压进线电缆一般使用矿用隔爆型高压电缆连接器连接，高低压电缆连接压线都必须符合防爆规程规定。移动变电站送电运行前应重新检查高低压操作机构、机械闭锁、防爆间隙，打开干式变压器下部放水塞，放净内部冷凝水，然后拧紧。由于高压负荷开关要求在变压器空载时分断，所以必须严格执行停送电程序：合闸先合高压、后合低压；分闸时先分低压，后分高压。

参考书目

王季梅等，《真空开关》，机械工业出版社，1983。
《电气工程师手册》，机械工业出版，1987。

（李孝勇）

jingxia meicang

井下煤仓 （underground coal pocket） 为缓冲井下非均衡生产造成的提升运输不均衡，而设置的贮存煤炭的专用硐室。按使用地点不同分为井底煤仓和采区煤仓。

井底煤仓 位于井底车场内，用于贮存煤炭的垂直或倾斜硐室。

井底煤仓的容量取决于矿井井型、提升能力及井下运输能力。中小型矿井一般按0.5～1.0h提升量计算；大型矿井按1～2h提升量计算。目前有增大井底煤仓容量的趋势，国外有直径7～8m、垂高50～60m、容量2000t以上的大型煤仓，中国阳泉一矿也有直径10m、容量1000t的井底煤仓。煤仓容量加大，井筒提升时间可以延长，对矿井生产及增产十分有利。

直立圆筒形井底煤仓主要为直立圆筒锥形漏斗煤仓，见下页图1。中国广泛使用的圆筒锥形漏斗仓结构简单、施工方便，在相同高度下容量大、但漏斗倾角偏小或水煤多时，煤仓易堵塞。近来一些新矿井又将圆筒锥形漏斗部分改为双曲线形。双曲线形漏斗倾斜角自起始角起，随漏斗断面逐渐缩小而增大，仓中煤的流动上慢下快，可减少挤压堵塞。煤仓下口用石英砂铁屑混凝土或钢板铺面，仓壁用混凝土浇筑，厚度300～400mm。

倾斜式井底煤仓一般倾角55°～60°，除溜煤仓外需有并列的人行道及检查孔，见下页图2。倾斜煤仓施工及安装较简单，但容量小，煤流下冲能力低，适应性差，多用于中小型矿井。它主要为直墙拱形，断面积5.5～8m²，高度1.8～2.4m。采用辉绿岩铸石板或旧钢轨排列铺底，墙、拱用素混凝土构筑，厚度250～350mm。

采区煤仓 缓冲采区生产与大巷运输不均衡而设置的储存煤炭的专用硐室。

有垂直式、倾斜式及垂直倾斜混合式。多采用垂直式，倾斜式易堵塞，混合式除巷道布置需要外较少采用。垂直式煤仓主要为直立圆筒锥形漏斗式，高度不宜超过30m，细高比要合适；倾斜式煤仓以直墙拱形为主，倾角60°～65°，收口角度应大于65°；混合式煤仓为二者的结合。采区煤仓用混凝土构筑，壁（墙、拱）厚300～400mm，收口处采用铁屑混凝土或铺设密集钢轨，煤仓下口与巷道交接处架钢梁，提高承载能力。

采区煤仓容量一般为采区上山输送机0.5h左右的运输量或为采区班产量的25%，德国为采区班产量的23%，英国为采区日产量的7%～9%。为满足生产要求，大型矿井采区煤仓容量达到300～500t。

煤仓的其他形式 垂直式或倾斜式煤仓在岩石中开凿工程量大，煤仓易堵塞，块煤破碎率高，英国及德

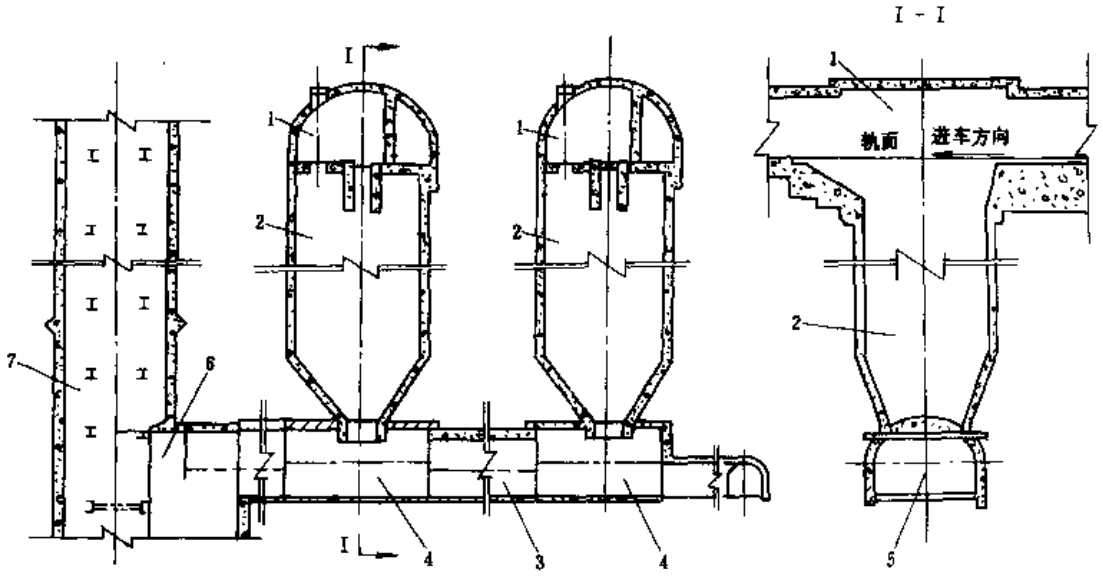


图 1　直立圆筒式井底煤仓

1—卸载硐室；2—煤仓；3—装卸带式输送机巷；4—给煤机硐室；5—装载输送机中线；6—箕斗装载硐室；7—主井

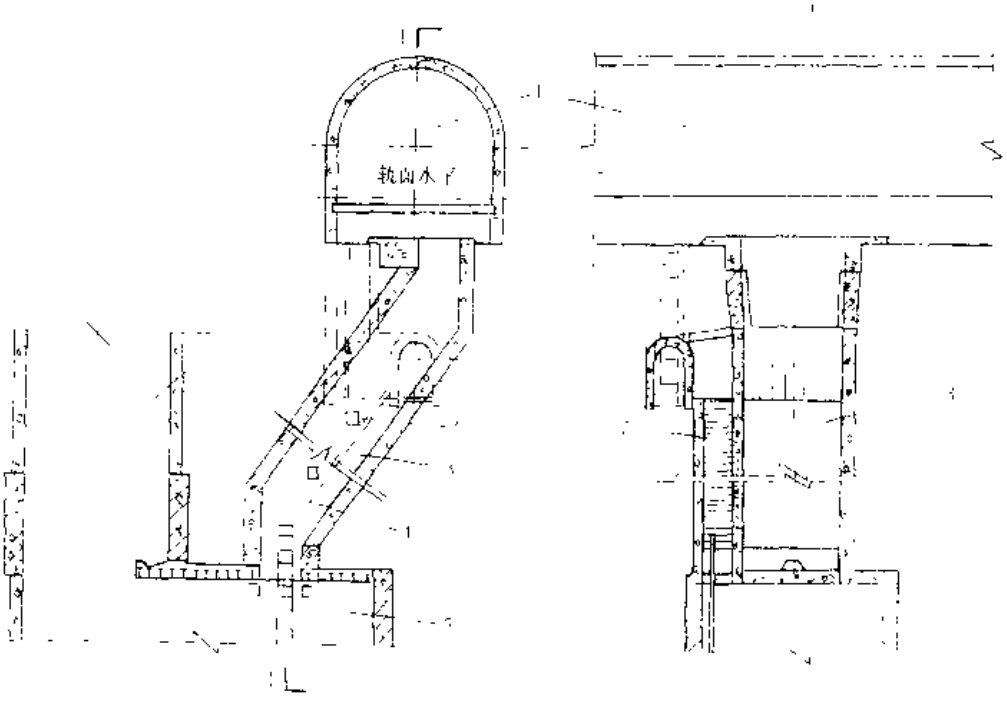


图 2　倾斜式井底煤仓

1—翻车机硐室；2—检查孔；3—煤仓；4—扶手；5—箕斗装载硐室；6—主井；7—人行道

国广泛采用巷道煤仓、螺旋溜槽煤仓及水平煤仓。

巷道煤仓是在近似水平巷道内设有侧板重型板式输送机，其上方设一带式输送机及犁式卸煤器将运来的煤卸入巷道煤仓内，需要装载时，开动重型板式输送机将煤装入提升容器。容量可大可小，活动余地大，一般按矿井 0.5h 产量计算。此种煤仓因结构复杂、造价较高，中国尚未能推广使用。

螺旋溜槽煤仓是在仓内装设螺旋溜槽，进入煤仓内的煤流避免自由坠落，减少高速煤流对仓体的破坏，避免压实堵塞，井可提高块煤率。该煤仓结构复杂，施工及维修较难，工程造价高出一般煤仓 50%～60%，中国目前尚未推广使用。

水平煤仓（移动煤仓）与巷道煤仓近似，在箕斗装载仓相连接的水平巷道内设置大型刮板输送机，既可贮煤又可向箕斗装载仓内装煤，又称为"煤仓运输机"。它安装、维护费用较高，目前国外也很少使用。

参考书目

张国铺，《矿山井下煤仓与矿仓》，煤炭工业出版社，1983。

（孙恩棠　兰生智）

jingxia yunmei xitong

井下运煤系统　（underground coal haulage system）　为将井下采掘工作面生产的煤炭运送到井底卸载点（或集运站）所需的巷道及其运输设备的总称。

按运输方式不同，井下运煤系统一般分为由输送机组成的连续运输方式、由轨道运输组成的间断运输系统、由上述两种方式组成的混合方式，在特殊条件下也采用溜槽或暗井的重力运输、水力输送等其它运输方式。按矿井开采准备方式不同，井下运煤系统的运输环节可有两类：当采用上下山开采准备方式时分为大巷运输、采区上下山运输、顺槽运输和工作面运输；当采用条带开采准备方式时分为大巷运输、顺槽运输和工作面运输。

大巷运输　有带式输送机运输、轨道运输、混合运输三种方式。

带式输送机运输　用铺设在大巷中的带式输送机将煤炭从采区运输到井底卸载点的一种运输方式。它具有连续运输、生产能力大、操纵简单、容易实现自动化、装卸载附属设备少、受巷道起伏影响小等优点，但有需要增设辅助运输系统、投资较大、巷道风速受到限制等缺点，适用于生产集中、运量较大的大中型矿井。带式输送机连续运输的特性能与采煤工艺相适应，增产潜力大，将是机械化、自动化大型矿井运输的主要发展趋势。

轨道运输　以有轨机车牵引矿车将煤炭从采区运输到井底卸载点的运输方式。它具有运输能力大、根据运量运距和煤种可随时调整、对巷道弯曲适应性强、接轨展线方便、允许通过的风速高、运费较低、维护比较简单等特点，得到广泛应用，特别适用于井田面积较大、生产分散矿井的大巷运煤系统。根据运量大小、距离长短和安全要求确定牵引设备类型，低瓦斯矿井一般以架线式电机车为主，高瓦斯矿井可选用蓄电池机车或防爆低污染柴油机车，小型矿井亦可采用无极绳牵引。矿车的类型因井型而异，大中型矿井应以底卸式矿车为主，单独编组，专车专用，以提高运煤效率；中小型矿井可采用底卸式矿车或固定车箱式矿车。大巷轨道运输系统各种矿车已形成系列，能满足各种井型各种条件下的矿井运煤需要。

混合运输　带式输送机与轨道运输相结合完成大巷煤炭运输的一种运输方式。根据矿井条件的变化，大巷运煤采用了多种混合运输方式，有的初期采用带式输送机运输，后期采用轨道运输方式，有的一翼采用带式输送机运输，另一翼采用轨道运输方式，以充分发挥带式输送机连续运输能力大、轨道运输机动灵活的优点。

采区上下山运输　有输送机运输、轨道运输和重力运输三种方式。

输送机运输　通过铺设在采区上下山的输送机将煤炭运输到大巷装载点的运输方式。根据设备不同主要有刮板输送机运输、上链式输送机运输和带式输送机运输三种。

采区规模较小，生产能力不大时，可采用刮板输送机运输，其特点是初期投入少、施工及维护比较方便，但单机运程较短，下山采区向上运输时常需多台接力，事故多、能耗大，新设计的矿井很少采用。

采区上山倾角较大（18°～28°）时，可采用上链式输送机运输，每台使用长度可达 150～300m，与刮板输送机相比运输能力大、阻力小、电耗低、易维修。

带式输送机运输适合于上山倾角<16°，下山倾角<25°的运输，由于运输能力大、功耗低、单机运程较大、设备维护量小、运行费用较低、易实现自动化等特点，在采区上下山运输中已被广泛采用。随着科学技术的不断进步，已开发出液力制动、阻尼托辊、阻尼板等多种制动形式的新型下运式带式输送机；已研制出深槽大倾角的上运带式输送机，使用倾角已达 25°，可以满足各种条件的采区上下山运煤需要。

轨道运输　以钢丝绳牵引矿车将煤炭运出采区的一种运输方式。其特点是机动灵活、投资少、节省巷道工程量、可兼顾采区上下山的辅助运输。但运输不连

续、效率低、生产能力受到限制，多用于工作面产量低和煤层倾角不大的小型矿井。上下山倾角<7°时采用无极绳绞车，7°～25°时采用单卷筒绞车。

重力运输 通过铺设在采区上山的溜槽使煤炭自溜运出采区。其特点是设备简单、不需要动力、运输费用低、运输能力大，但对巷道的施工质量要求较严，只限于上山倾角>30°时采用。根据条件可采用搪瓷溜槽、铸石溜槽、混凝土溜槽等。

顺槽运输 根据采煤方法和生产能力的不同，主要有输送机运输和轨道运输二种方式。

输送机运输 利用铺设在顺槽中的刮板输送机或可伸缩带式输送机运输煤炭，与工作面运输方式相适应，是顺槽普遍采用的运输方式。当采煤工作面产量较低时，可采用刮板输送机运输，但运输设备台数多、效率低、能耗大、事故多。当工作面产量较大或采用机械化采煤时，应选择可伸缩带式输送机运输。可伸缩带式输送机已形成系列，胶带宽度650～1200mm，单机运程达1500m，运力400～1600t/h，可以满足年产150万t以下各类条件的采煤工作面顺槽运煤需要。

轨道运输 用1t或1.5t矿车装煤，以人力或各式绞车牵引的运输方式，运力低、劳动强度大，只有少数乡镇煤矿还在使用。

工作面运输 有刮板输送机运输和重力运输二种方式。

刮板输送机运输 利用铺设在采煤工作面的刮板输送机将采落的煤运到下部顺槽的运输方式。其特点是运输连续、适应性强，能满足各类采煤方法工作面运煤需要。输送机的类型应根据工作面的产量、煤质硬度、铺设长度和采煤方法等因素选择，炮采工作面应选择功率较小的轻型刮板输送机，机采工作面应根据采煤机的型号、牵引方式，产量要求等选择相匹配的刮板输送机。

用于采煤工作面煤炭运输的可弯曲刮板输送机型号很多，中部槽宽度为520～830mm，电动机功率40～800kW，设计长度100～250m，刮板有单链、双边链、准双边链、中双链等多种链型，与采煤机配套分有链或无链牵引，基本上满足各种类型长壁采煤工作面的需要。

重力运输 当工作面倾角较大时，依靠重力将采落的煤溜到下部顺槽的运输方式。一般用于煤层倾角较大和采用炮采等采煤工艺的工作面运输。

其它运输形式 连续采煤机房柱式开采时，其运输系统与长壁式开采不同，一般分为连续运输系统和间断运输系统二种：①连续运输系统是指连续采煤机采落的煤炭通过后接的多台转载输送机运送到盘区带式输送机构成的运煤系统，其特点是运输连续、能力大、与采煤工艺相适应，可提高工作面产量约30%，但设备台数多，当连续采煤机转移新的煤房时，移动比较困难；②间断运输是通过2～3台梭车将连续采煤机采落的煤炭运送到盘区带式输送机上构成的运煤系统，其特点是机动灵活、适应盘区房柱式开采的巷道布置，故是传统的房柱式开采配套方式。

水力输送属连续运输，用压力水流作载体，以一定速度运送散料（煤炭）的运输方式。分为管道水力输送和明槽水力输送二种：①管道水力输送以压力水为动力，通过管路运送煤炭，其特点是运输连续、运距长，但管路磨损严重、粒度要求严格，多用于水采矿井大巷煤泥水的运输；②明槽水力输送是依靠各种不同断面和材质的溜槽或沟渠，利用起止点的自然高差实现煤炭运输，其特点是运输能力大、环节少、不需要动力、投资省、无煤尘飞扬，但用水量大、煤水分离比较复杂，水采矿井采区内均采用明槽水力输送运输。

发展与展望 20世纪50年代初期，中国煤矿井下运输多以人力、畜力为主。50年代后期煤矿井下运煤仍以小车小机械为主，效率低、能力受到限制。直到70年代，研制成功钢丝绳带式输送机和钢绳芯带式输送机以及各种底卸式矿车，大巷运输才出现明显变化，其后中国井下主要巷道运煤用的带式输送机已经形成系列，由于胶带强度不断提高及大功率防爆电机的应用，使井下带式输送机单机长度超过4000m，钢绳牵引带式输送机也有被钢绳芯带式输送机取代的趋势。

井下运煤系统今后总的发展趋势是要满足长运距、大运量的需要。当采用带式输送机运输时，大巷应重点开发运输能力3000～4000t/h、单机长度5000～6000m的输送机；采区上下山应重点开发运输能力1500～2000t/h、单机长度2000～3000m的输送机；提高胶带强度，使驱动系统、软起动系统、制动系统、控制系统和各类保护、维修、自检装置更加完善可靠，和提高胶带、托辊、减速机等部件的寿命以及全面实现计算机集中控制。大巷运输采用各种形式矿车时，应重点开发大容积矿车，尽快解决牵引设备能力不足的问题。随着高产高效工作面的不断出现，要求顺槽及工作面运输设备的能力不断加大。可伸缩带式输送机应满足运力2500t/h以上、运输距离2500～4000m的需要，多点驱动系统要更加完善可靠；研制机尾自移装置，满足工作面快速推进的需要。刮板输送机的运煤能力要达到2000～3500t/h，不断提高设备的可靠性，广泛采用交叉侧卸式等新结构，减少机头机尾的长度和高度。

（侯启勋　丁　易）

jingxia zhaoming dengju

井下照明灯具 (underground luminaire) 保证矿井井下安全生产所需照度的器材。它分固定式照明灯具及携带式照明灯具（矿灯）两类。

固定式照明灯具 按光源分有白炽灯和荧光灯；按使用地点分有矿用一般型和矿用防爆型。凡瓦斯矿井，除低瓦斯矿井的井底车场、总进风巷或主要进风巷可用矿用一般型外，其余均采用矿用防爆型。各硐室及巷道对照度都有具体要求。采用荧光灯时，井底车场及其附近、机电硐室照度要求 10Lx（指底板水平面或 0.8m 水平面）；保健站 50Lx；信号站 20Lx。使用机车的主要运输巷道、兼作人行道的集中带式输送机巷道、升降人员的绞车道其照明灯的间距不得大于 30m，照度为 2Lx。综合机械化采煤工作面 5～10Lx。若采用白炽灯亦有相应的照度要求。井下照明的额定供电电压不应超过 127V，但井底车场、总进风巷和主要进风巷可采用 220V。井下固定照明网路的电压损失，一般不超过额定电压的 5%，灯泡承受的最高电压，不超过额定电压的 5%。

照明用的变压器一般为隔爆干式变压器，一次电压为 1140V、660V、380V，二次电压一般均为 133V。井下照明电源应选用设有漏电闭锁、短路、过负荷保护装置的照明变压器综合保护装置。

井下固定敷设的照明电缆应采用铠装电缆、不延燃橡套电缆或矿用塑料电缆。电缆连接要用符合要求的接线盒，对同型号的橡套电缆和塑料电缆可直接连接，但要遵守下列规定：①橡套电缆（包括绝缘、护套已损坏的橡套电缆的修补）必须采用硫化热补或与热补有同样效能的冷补；②塑料电缆连接处的机械强度以及电气、防潮密封、老化等性能应符合该型矿用电缆的技术标准要求。为了拆换、拆修、搬运方便，凡直接连接的照明线路，必须每隔一定距离增设一隔爆插销。

携带式照明灯具 井下常用矿灯，矿灯有碱性和酸性两种。酸性矿灯价格便宜，寿命较短，灯泡电压为 4V。碱性矿灯价格较贵，但使用寿命长，灯泡电压 2.5V。中国生产的矿灯装有瓦斯报警装置，其瓦斯传感器、集成电路、报警装置均附在灯头上。欧、美国家矿灯电池盒上加装寻人讯号装置，每人用一特殊的频率，一定距离内可以收讯。如发生事故，可凭矿灯发出的讯号，施行救援。矿灯充电在地面，副井井口附近设矿灯房。

现状及发展 1949 年前，中国没有矿山专用灯具制造厂，许多矿井都用普通灯泡用胶带缠绕，甚至用电石灯明火照明，生产极不安全。1949 年中华人民共和国成立后，颁布了煤矿安全规程，逐步改善井下照明条件。第一个五年计划期间，着手制造矿山用灯具以及相应配套的隔爆干式变压器、插销开关、三通接线盒等。随着生产的发展，又研制了隔爆荧光灯和照明变压器综合保护装置，进而发展到节能荧光灯。矿灯在不断改进，体积减小，重量减轻，已出现了采用安全新光源生产的节能、高效、寿命更长的井下用灯。正在开发研制一种价格更廉、性能更全（兼有瓦斯报警、寻人发讯等功能）的矿灯，有望代替常规的矿灯。

（高天一）

jingtai posui

静态破碎 (static crushing) 利用静态破碎剂反应所产生的膨胀压力使介质胀裂破碎的方法。静态破碎剂又称膨胀剂，是一种非爆炸性的岩石破碎材料。它不是炸药，一般以氧化钙为主要成分并配以有机和无机添加剂的粉末状物质，加入适量的水调成糊状注入孔中或将静态破碎剂药卷放入孔中与水混合，当氧化钙遇水反应生成氢氧化钙时，体积增大 3～4 倍并释放一定热量，对炮孔壁施加 30～40MPa 的压力，混凝土或岩石即被胀裂破碎。破碎作用随被破物性质而异，一般要经过 2～30h 才能完成。静态破碎剂有生石灰破碎剂，复合膨胀破碎剂和水泥膨胀剂等。

利用静态破碎剂破碎岩石的关键是正确选择眼网参数：①孔径以 40～50mm 为宜，超过 55mm，易发生喷孔现象；②孔间距根据岩石或混凝土性质和膨胀剂品种确定，硬岩 200～400mm，中硬岩石 250～400mm，软岩 300～450mm，素混凝土取 350～500mm，钢筋混凝土 150～300mm；③孔愈深破坏效果愈好，混凝土和孤石孔深为被破碎物体高度 80%左右，整体岩石应与被破碎体高度相同，钢筋混凝土愈深愈好但不能穿透整个物体厚度；④以垂直钻孔为主，可根据破碎目的和施工条件布置水平孔和倾斜孔。

静态破碎剂破裂岩石或混凝土时，不产生冲击波、飞石、噪音、毒气和地震波；孔数和布置适当时，块度能满足设计要求而不损坏周围的任何物体；制造、运输、贮存及使用均比炸药安全，但有时也会遇到喷孔现象，一般发生在静态破碎剂注入炮孔后 10～20min（个别达半小时以上），操作人员必须注意防护。自 20 世纪 70 年代以来，中国运用静态破碎技术拆除基础、混凝土和钢筋混凝土构筑物以及采石等方面，积累了成功的经验。

参考书目

刘清荣，《控制爆破》，华中工学院出版社，1986。

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业

出版社，1990。

（刘清泉　李玉民　秦太杰）

juneng baopo

聚能爆破　(shaped charge blasting)　利用聚能药包所形成的聚能流切割岩石或穿透钢板等介质的爆破技术。在一端有空穴的炸药装药的另一端起爆后，爆轰波传至空穴表面时，爆轰产物将改变运动方向（大体垂直于空穴表面）在空穴的轴线方向上汇集，形成一束高温、高速、高压、高密度的聚能流，这种现象称为聚能效应，能产生聚能效应的装药称为聚能药包，形成聚能流的空穴称为聚能穴见图 1*a*。

若聚能穴衬以紫铜或软钢制成的药形罩，当爆轰波传至药形罩时，向装药轴线汇集的爆炸产物将压缩药形罩使其闭合，在药形罩闭合的过程中，由于碰撞产生极高压力使金属变成液体，一部分液体金属形成沿轴线方向向前射的一股高速、高密度的细金属射流，射流头部的热力学温度达 5000K，速度达 5000～10000m/s，能量密度达 29×10^6kg·cm/cm^3，穿透能力相当大。剩余的液体金属形成较粗的杆体（称为杵体），以较低的速度尾随在射流后面运动，其运动速度较小，每秒达 500～1000m，而其直径和质量比金属射流大，见图 1*b*。

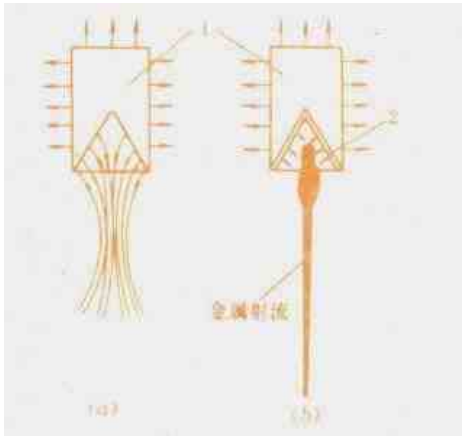


图 1　聚能装药与聚能流的形成示意图
1—聚能药包；2—金属药形罩

聚能装药的形状和几何参数影响着聚能流（或金属射流）的穿透能力。装药内只有靠近药型罩的一部分药量对形成聚能射流有效（称为有效药量），见图 2*a* 中阴影部分，为了减少非有效药量，常使装药成为截圆锥形如图 2*b*。聚能装药合理的几何形状和尺寸见表。

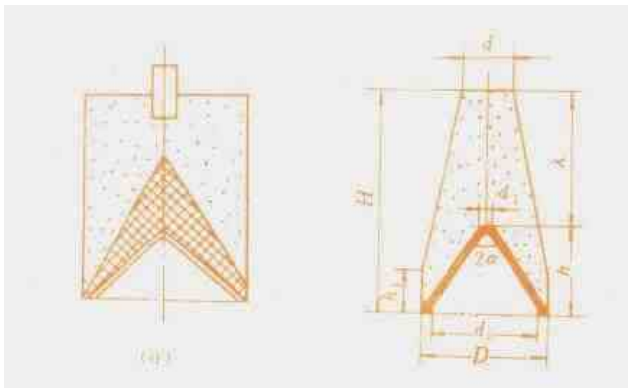


图 2　聚能装药合理形式及几何参数

聚能装药的基本参数表

参　　数	符　　号	计　算　公　式
聚能穴底部直径	d_0	$d_0=0.94D$
装药顶部直径	d	$d=0.365D$
聚能穴上方炸药高度	λ	$\lambda=0.625D\ (1-0.5/\mathrm{tg}\alpha)$
聚能穴高度	h	$h=\ (0.47/\mathrm{tg}\alpha)\ D$
柱体部分高度	h_1	$h_1\geqslant\ (0.47/3\mathrm{tg}\alpha)\ D$
装药总高度	H	$H=\lambda+h$
金属罩顶部直径	d_1	$d_1=0.14D$
装药体积	v	$v=0.25D^3\ (1+0.25/\mathrm{tg}\alpha)$

注：D—柱体部分直径；α—锥顶角半角。

锥顶角（2α）不能取值太小，若太小，射流速度过高，若超过宇宙速度（8km/s）高速射流像陨石一样被烧掉，一般取 45°、60°、75°。药罩厚度决定着穿透能力大小，一般取药罩底部直径的 1/20～1/40。

聚能效应和聚能装药是在第二次世界大战时期发展起来的，当时主要用在击穿坦克的穿甲弹。随后，在工程爆破上也得到了一定的应用，例如利用聚能效应来进行油井射孔（成品称射孔腺）、破碎大块岩石、切割岩芯、等。近几年，中国对线型聚能装药开展研究，根据不同需要，线型聚能装药可采用梯黑炸药或铵梯炸药，有金属罩或无金属罩，用在巷道掘进中，利用聚能效应提高光面爆破效果或用来切割电缆、锚链、梁板，打捞沉船等，具有使用便捷、工效高、成本低的良好效果。

参考书目

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1991。

北京工业学院八系编写组，《爆炸及其作用》下册，国防工业出版社，1979。

（刘清泉　张金泉）

K

kangjingdian dianleiguan

抗静电电雷管 (antistatic electric detonator)

具有抗静电性能的电雷管。矿山生产过程中，人体着装、凿岩机凿岩、风筒气流等都能产生静电，尤其是人工和机械向炮孔装填粉状或粒状炸药，粉粒在输送管中高速运动均能产生高压静电，易燃易爆物质（瓦斯、粉尘、爆破器材）都能被高压静电引爆，其中以电雷管最为危险。因此，在有静电产生场所应使用抗静电电雷管。

抗静电电雷管结构有：静电能量释放型、绝缘型和释放—绝缘型。能量释放型是在塑料塞（绝缘树脂）中部脚线部分各有一段用导电树脂包裹（两段间为绝缘树脂），导电树脂段与管壳间有空气间隙，当静电放电时，静电能量多数消耗在导电树脂部分，施加于桥丝的能量很小，不能引燃点火头。绝缘型是防止点火头与管壁间产生静电放电。释放—绝缘型同时采用以上两种抗静电措施。

电雷管抗静电能力用由升压器、电容、电阻等元件组成的充电回路和连接电雷管的放电回路组成的静电感度测试仪测定。测定时连接电雷管有三种方式：双脚线—管壳、单脚线—管壳、脚线—脚线。由充电电容与升压器的电压值可计算施加于电雷管的能量。抗静电电雷管的特定参数为通过规定电容值下的电压值。电雷管抗静电能力由于雷管结构、材质和采用药剂的不同而有很大差异。普通电雷管一般达 300pF/10kV，抗静电电雷管分为不同级别，如 2000pF/kV、2500pF/30kV 等。

（徐中稚）

kangshui zhayao

抗水炸药 (antiwater explosive) 又称防水炸药。可在有水的场所进行爆破作业的炸药。

抗水炸药和水接触时难于被水溶解，仍能保持良好的爆炸性能。抗水炸药有三大系列：①含有 20%以上硝化甘油的胶质炸药；②含水炸药，如水胶炸药和乳化炸药；③抗水铵梯炸药。胶质炸药为以硝酸盐和胶化的硝化甘油或胶化的爆炸油（硝化甘油和硝化乙二醇或硝化二乙二醇的混合物）为主要组分的胶状硝化甘油炸药，其中可溶于水的物质，同硝化甘油和硝化棉构成的爆胶组合在一起，形成一种胶状体，具有极强的抗水能力，即使在裸露状态下侵入 10m 深的水下，经过数十小时仍能保持原有的爆炸性能；含水炸药为氧化剂水溶液和可燃剂为基本成分的，含水量一般为 10%～20%的混合炸药。也是一种难溶于水的胶状体，具有同胶质炸药相当的抗水能力；抗水铵梯炸药，是在普通的铵梯炸药中，加入少量的沥青、石蜡或其它憎水剂，使其获得一定的抗水性，如前苏联的 B—3 阿莫尼特，德国的 Sytamit 阿莫尼特和中国的抗水铵梯炸药，但抗水能力较差，只能在潮湿的炮眼中使用，药卷置于水中时，所含硝酸铵等可溶于水中，使炸药的爆炸性能有所削弱，甚至完全失去爆炸能力。

（秦太杰）

kangzasan dianliu dianleiguan

抗杂散电流电雷管 (anti-stray current electric detonator) 能用于有杂散电流环境以避免误爆的电雷管，曾称“抗杂电雷管”。它有无桥丝式抗杂散电流电雷管和低阻桥丝式抗杂散电流电雷管两类。其基本原理是提高电雷管安全电流和发火冲量来保证电雷管抗杂散电流的能力。

无桥丝式抗杂散电流电雷管是取消电桥丝在引火丝中加入适量的导电物质（乙炔、碳黑和石墨）做成具有导电性的引火头。导电物质的含量及其颗粒间的接触状况决定其电阻的大小。当外加电压小于某一数值时，它显现出较大电阻，使通过的电流很小，不足以点燃引火药。当外加电压增高到一定值后，导电物质由于受电流热效应作用发热膨胀使质点接触面增大，电阻下阻，但已达到发火冲量时就可使引火药发火。导电性

引火头的电阻随外加电压和电流变化而变化的特征使之具有一定抗杂散电流的能力。

低电阻式抗杂散电流电雷管是以低电阻值的材料（一般用紫铜丝）代替康铜丝和镍铬丝做电桥丝。普通抗杂散电流和高抗杂散电流电雷管的桥丝电阻分别为0.4～0.8Ω和0.03～0.1Ω，安全电流分别为0.45～1.2A和4A，发火冲量提高至8～16A^2·ms和80～100A^2·ms，发火电流分别为2A和5A以上。

抗杂散电流电雷管有瞬发雷管、秒延期雷管和毫秒雷管等品种。其结构、生产工艺与相应的普通瞬发电雷管、秒延期电雷管和毫秒延期电雷管相同。由于它发火电流大，必须使用高压电容发爆器或高压动力电源起爆，在成组延期爆破时尤其需要足够大的发火电流，以保证点火头发火时间的稳定。由于高压起爆，抗杂散电流电雷管的脚线、连接线和爆破母线的绝缘层要有足够的耐击穿能力，以防止导线击穿，造成电雷管拒爆。

（王树仁 徐中禧）

kengkou dianzhan

坑口电站 （pithead power station） 在矿井附近或群矿之间为实现煤的热能就地转化而建立的发电站。

特点 ①燃料供应可靠，劣质煤、煤矸石煤泥均可作坑口电站燃料，煤炭资源得到合理利用。②变输煤为输电，缓和煤炭运输紧张状况。③坑口电站输煤运距短，贮煤设施可与矿井共用，降低建设投资和生产费用。④充分利用矿井水资源。⑤矿区塌陷区可作储灰场复土造田，电厂灰渣可用作建材原料和采空区充填材料，改善了环境，减小了污染范围。⑥增强矿区自我发展能力，提高企业经济效益。⑦稳定煤电生产、促进煤化工、电化工、建筑材料及其他工业的发展，改变矿区单一产业结构。

规划设计原则 ①根据供电区域内电力负荷的发展和电网中现有发展能力进行电力平衡，计算每一规划年限内需要增加发电设备的总容量。②装机容量的选择应考虑电力负荷增长速度、电力系统的备用容量和电网结构等因素，最大机组的单机容量一般为电网总容量的8%～10%；电力负荷增长速度较快的电网可选用较大容量的机组，单机容量可为电网容量的15%；同一厂房内机组数量不宜超过6台；同容量机、炉宜采用同一型式，配套设备的型式也应一致。③选定建设方案后，按照规划年度进行电力平衡，并按矿区总体规划、建设规模和进度确定坑口电站的建设规模和装机进度。④坑口电站燃料运输应与矿区运输相协调，优先选择带式输送机输送，若为铁路运输，电厂铁路专用线要便于与国家铁路干线相连接，力求缩短运距。⑤供水水源必须可靠，做到合理分配用水，综合利用水资源，注意水利规划对水源的变化影响。⑥厂址应位于矿区居民区夏季主导风向的下侧，并具有堆放10～20年灰渣排量的储灰场。⑦厂址避免建在滑坡和九度以上地震区；厂区持力层的地基计算强度要在180kN/m^2以上，大型机组宜在250kN/m^2以上，避免采用人工地基；地面标高要高于当地最高洪水位，否则应有可靠的防洪设施；厂区地形坡度一般为0.3%～3%，坡度较大时，宜采用阶梯式布置，以减少土石方工程量。

发展与展望 坑口电站以其独具的优点，20世纪80年代以来世界各国予以大力发展。世界上最大的坑口电站是前苏联建设的贝雷佐夫火电站，装机容量6400MW。泰国湄莫赫坑口电站以褐煤为燃料，投入运行的机组总容量为1425MW，本世纪末将发展到4000MW。中国装机容量1000MW以上的坑口电站有陡河、神头、秦岭等电站，其中陡河电厂装机容量达1750MW，正在建设的达拉特旗坑口电厂规划装机容量为5000MW，将成为亚洲最大的火力发电厂。

为增电节煤、减少占地及减轻环境污染，中国很重视利用煤矸石发电技术。1975年以来，先后在四川、江西、云南、河南、黑龙江等地建成16座坑口煤矸石发电厂，总装机容量168MW，到1989年，累计发电4.1×10^9kW·h，利用煤矸石1524×10^{11}t，节约标准煤320×10^4t。1987年到1991年期间，又建设总装机容量330MW的煤矸石坑口发电厂。

今后，坑口电站可望在下述一些方面获得技术发展：为提高电站的循环效率，采用高参数、大容量火电机组；发展超临界参数机组降低发电煤耗；采用矿区生产的洗矸、洗中煤、煤泥等劣质燃料，发展大型低污染高效循环流化床锅炉及以增压循环流化床燃料和整体煤气技术为基础的高效燃气—蒸汽联合循环发电装置；发展联合循环装置与煤气、电、热、化工产品联合生产；采用电子计算机对火力发电设备全部运行操作过程进行自动化控制和调节，其中包括最佳方式运行、最佳方式自动起停以及事故自动处理等，达到机组的闭环调节运行，提高电站的自动化水平。

（徐明杰）

kongqi yasuo jifang

空气压缩机房 （air-compressor room） 又称“压风机房”。安装空气压缩机及其辅助设备、设施的建筑物。通常由机房、风包棚、冷却水池和冷却塔组成。

机房大小按设备布置图确定，空气压缩机布置方式分横向和纵向两种。机房内墙边与机器最凸出部分之间应按《煤炭工业矿井设计规范》规定留有通道。为满足检修安装要求，风量在 20m³/min 以上的机房内设起重安装梁或手（电）动起重机、房屋高度应满足安装检修和通风散热的要求。机房内设隔离电话间。空气压缩机基础采用现浇混凝土，并按动力设备基础设计，基础重量至少要比空气压缩机的重量多 4 倍。房屋基础与空气压缩机基础分开，必要时设置隔震措施。机房结构通常采用混合结构，屋顶需要保温，以防冬季结露。

风包常设遮阳棚，棚盖可选用轻质材料。

循环水常用自然冷却，冷却塔有木制和预制钢筋混凝土拼装的，下为钢筋混凝土冷却水池，布置在机房的一侧。机械通风冷却常用玻璃钢冷却塔，布置在地面或机房屋顶上，置于屋顶时要设集水盘并做好屋面防水。

（杨荫桓）

kongzhi baopo

控制爆破　(controlled blasting)　对爆破介质的破坏方向、破坏范围、破坏程度和爆破有害效应进行严格控制的爆破技术。

控制爆破在矿山采掘、铁路与公路路堑开挖、隧道掘进、爆破筑坝、以及建筑物拆除等领域均得到广泛应用，形成了光面爆破、预裂爆破、定向爆破、水压爆破、聚能爆破、静态破碎以及拆除爆破等控制爆破技术。通过合理地选择炸药品种和装药结构，正确确定爆破参数与起爆时差等技术途径，既达到有效地利用炸药能量又能控制炸药爆破作用效果的目的。

在井巷掘进、路堑开挖、露天矿采掘等工程上采用光面爆破、预裂爆破可以获得规整的爆破断面形状和整齐的轮廓线，减少围岩的震动破坏，保持围岩和边坡的稳定。露天台阶爆破采用毫秒爆破不仅可实现百米以上工作面一次起爆，获得良好爆破效果，而且能减小爆破地震效应。通过合理选择爆破参数、装药结构等可使爆破岩土按设计方向抛掷堆积实施定向爆破筑坝。建筑物、基础采用拆除爆破可控制建筑物倒塌方向、倒塌范围及飞石距离。此外，控制爆破还可用于高炉、平炉的结瘤在高温条件下的爆除，溜井、溜矿口堵塞时的爆破疏通，以及爆破切割拆除沉船等某些特殊情况。

20 世纪 50 年代开始采用控制爆破，60 年代得到迅速发展。第二次世界大战后，日、德等国为拆除战争遗留的废弃建筑物和构筑物，曾采用某些属于控制爆破的措施。随着适用于控制爆破的新炸药品种和微差爆破技术的出现，60 年代，美、日、瑞典、丹麦、中国等国已将控制爆破应用于城市建筑物、构筑物、基础的拆除以及隧道的开挖和公路的建设等工程中。70 年代，控制爆破在破碎机理、所用能源、施工技术与实际应用等方面都有很大程度的发展，相继研制成功了以各类燃烧剂、静态破碎剂为能源的控制爆破和以水为介质传递爆炸能量的水压爆破等，使爆破震动、飞石和噪音等的危害程度限制在规定范围之内，因而控制爆破的应用范围日益扩大，已经被应用到拆除超高大建筑物和结构复杂的构筑物、开挖海底隧道、清除近岸礁石、抢救地震后的受难人员等方面，并收到了质量好、速度快、安全等显著效果。

参考书目

刘清荣，《控制爆破》，华中工学院出版社，1986。

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1990。

（王树仁　刘清泉　张金泉）

kuangdengfang

矿灯房　(head lamp room)　领取、存放、维修和更新整备矿灯和自救器的场所。矿灯和自救器是矿工井下作业必需随身携带的装备，因此矿灯房是煤矿不可缺少的生产性辅助设施。主要由整流室、矿灯充电室、配液室、自救器整备与维修室等组成。建筑面积按下井生产在籍人数加 30% 富裕量所需的矿灯数和自救器数安排设计。

矿灯充电室要能存放矿井所需的全部矿灯，矿灯置于自动充电的矿灯架上，矿灯发生故障或损坏送至维修室进行维护和更新。

自救器整备室供自救器存放与收发，它与矿灯充电室隔离分设，以防充电室酸气入侵损害自救器。

矿灯维修室是矿灯检修、更换零器件、添注药剂或确定报废后更新等活动的场所。室内设检修台、清洁池、酸性或碱性药剂贮液室。

矿灯房的设计分集中管理和自我服务两种方式。集中管理由专职人员负责矿灯的存取，用灯人员在指定窗口领取或交还矿灯，灯架应排列紧凑，以减少建筑面积和缩短工作人员的服务距离；自我服务式即在矿灯房内的灯架上配有全矿每位下井人员的专用矿灯，按规定灯位自行存取，该方式工作效率高，但灯架排列的间距要满足交接班时人员同时存取所需要的空间，存灯室的面积较大。

目前使用的矿灯多为酸性灯，矿灯房要有良好的通风条件，必要时可设机械排风装置，以排除矿灯散发的微量酸性气体。存灯室、维修室、贮液室的墙和地面

以及维修室的洗涤池、下水道等要使用防酸建筑材料，废水排放要满足环保要求。矿灯房为楼层时，应设有升降设备和工作人员专用楼梯。

（郝操政）

kuangjing biandiansuo

矿井变电所 （mine substation） 设在地面向全矿供电的变、配电中心。由电力系统或矿区变电所引来电源，直接或经变压器降压后向全矿各生产环节和生活设施供电，是全矿井电能分配的总枢纽。

根据矿井生产能力和电源的远近，矿井变电所接受电压等级分为110kV、35kV和6（10）kV级三个类型。①110kV级电压受电的矿井变电所多用在大型矿井或距电源较远的矿井，电源降压后一般以6（10）kV馈至井下、地面、风井等变电所或高压用电设备，或以380/220V（或660V）馈至各低压用电设备，此类变电所还可分为只供本矿井用电的终端型和以110kV或35kV馈电线转供给邻近厂、矿的中间型两种。②35kV级电压受电的矿井变电所用量最多，小型矿井仅在距电源很远时才采用，它也分只供本矿井的终端型和转供给其它厂、矿的中间型两种。③6（10）kV级电压受电的矿井变电所多在距电源不远的中、小型矿井中采用，一般为终端型。

矿井变电所电气主结线、配电装置、二次回路等参见本卷“矿区变电所”。随着矿井变电所规模的日益增大及大容量晶闸管装置的应用，使得矿井变电所在建设时有许多新问题需加以解决，如短路容量、电容电流、谐波、电压调整、交流操作等。

（1）短路容量。由于矿井变电所母线的短路容量日益增大，影响到矿井高低压电器设备及电缆的选择，必须增大断路器的遮断能力和电缆的截面，但对电动机的直接起动带来有利条件，在谐波源相同的情况下，因谐波而引起的电压畸变率也较小。因此，对短路容量的限制，必须经技术经济比较后才能确定，常用的限制短路电流的方法有加电抗器、分裂电抗器及隔离变压器等。

（2）电容电流。由于矿井变电所6～10kV馈出线日益增多，供电线路日趋加长，导致单相接地电容电流加大，当超过矿井限值时，必须采取措施予以解决，如改用多台小容量变压器分别供电、加装消弧线圈及与电阻并联的消弧线圈等。

（3）谐波。随着矿井采用晶闸管装置等日益增多，谐波的影响也越来越大，因谐波而引起的电压畸变率及注入电网的谐波电流增大，当超过国家规定限值时，必须采取加静态滤波器、动态滤波器等的抑制措施，滤波装置可装于矿井变电所或谐波源处，可与矿井功率因数补偿统一考虑。

（4）电压调整。由于矿井井田面积日益加大，高压配电网络的供电距离也愈远，当线路上装有限流电抗器时，必须计算较远线路末端用电设备的电压波动，以便合理选择变压器的分接头，选用有载调压变压器，或改变限流措施不用电抗器。

（5）交流操作。利用交流电直接作断路器、继电保护装置、自动装置、信号装置的电源，它投资省、建设快、维护方便，但操作机构价格高且难于实现较复杂的保护，使用受到一定的限制，仅在一些35kV以下电压等级的小型矿井变电所中使用。

（高天一）

kuangjing chuliang

矿井储量 （mine reserves） 矿井范围内经地质勘探查明的煤炭资源量或其他矿产资源量。

设计依据的储量 矿井储量是矿井建设与规划布局的基础，储量是否准确可靠关系到矿井设计生产能力、设计布局的合理性及投资效益。矿井设计依据批准的精查地质报告及其提供的储量，设计前要对井田精查地质报告进行认真研究，对井田地质构造、水文地质、煤层及煤质、开采技术条件等地质勘探与研究程度及资源可靠性作出评价，明确作为矿井设计的储量数量与级别。矿井储量丰富、级别高，才有建设大型矿井的物质基础，矿井储量不够丰富、级别低，只宜建设中型或小型矿井。

储量分类 中国《煤炭工业矿井设计规范》（GB50215—94）规定，矿井储量可分矿井地质储量、矿井工业储量、矿井设计储量、矿井设计可采储量四种：①矿井地质储量是精查地质报告提供的储量，包括能利用储量及暂不能利用储量，能利用储量指在当前煤矿经济技术条件下，可利用的储量，暂不能利用储量是煤质、煤层厚度或水文地质条件及开采技术条件特别复杂等原因，目前经济技术上开采有困难，暂时不能利用的储量；②矿井工业储量是精查地质报告提供的能利用储量中的A、B、C三级储量之和，《煤炭资源地质勘探规范》按勘探程度与研究程度，对煤炭储量划分为A，B，C，D四个级别，其中A、B级为高级储量，D级作为远景规划依据，A、B、C级之和可作为矿井设计依据，为保证矿井储量的可靠性与准确性，中国《煤炭工业技术政策》对精查地质报告中高级储量所占储量比例作了规定，如下页表；③矿井设计储量是矿井精查地质报告提供的能利用储量减去设计计算的断层、防水、井田境界等煤柱后剩余的储量；④矿井可采储量

矿井高级储量比例表

地质及开采条件 / 井型 / 储量级别比例（%）	简单			中等			复杂	
	大型	中型	小型	大型	中型	小型	中型	小型
井田内A+B级储量占总储量的比例	40	35	25	35	30	20	25	15
第一水平内A+B级储量占本水平储量的比例	70	60	40	60	50	30	40	不具体规定
第一水平内A级储量占本水平储量的比例	40	30	15	30	20	不具体规定		不要求

是矿井设计储量减去工业场地、地面建筑物和构筑物、井下主要巷道等保护煤柱煤量后乘以采区采出率所得到的储量，《煤炭工业技术政策》规定：厚煤层采出率不低于75%，中厚煤层采出率不低于80%，薄煤层采出率不低于85%，水力采煤采出率不低于70%。

（刘宪邦）

kuangjing dimian jipaishui xitong

矿井地面给排水系统　（water supply and drainage system of mine surface）　向矿井生产生活供水的水源取水、输配水供给、废水排放、水质处理的设备、设施及管网布置体系的总称。它分给水水源、给水工程和排水工程。

供水水源　水质和水量能满足使用要求的地表水和地下水的水源，依据矿区供水水源选择原则进行设计。当采用分散供水系统时，须单独进行矿井水源工程的选择和设计，一般优先选用优质的地下水和地面水。若水源缺乏，技术经济合理时亦可将矿井水作水源。

给水工程　保证矿井正常生产生活和发生火灾时供给充足水量的工程设施，一般由地面给水、室内给水和井下给水等系统组成。

地面给水系统　供给矿井生产、生活、消防用水的室外供水设施，一般由取水构筑物、输水管道、水处理厂、水的调节与储存构筑物、给水泵站、给（配）水管网等部分组成。

地面给水类型：①重力给水，用于水源地高、矿井场地低的天然条件；②多水源给水，适用于缺水地区和多用途供水用户，分别供应生活饮用水和生产或洗涤用水；③分质给水，分为完全处理（生活饮用）、部分处理（工业用水）和不需处理（灌浆灭火用水及部分选煤生产补充用水）等系统供水；④分压给水，根据用水压力不同，分为高压区（地形高差大或高层建筑）和低压区供水；⑤循环回用给水，对废水经处理或冷却后，再返回生产中重复使用；⑥循序给水，将水质（或水温）要求高而用过的水，再供给水质（或水温）要求低的用户。

取水构筑物是将水取至输水管道的建筑物。取用地下水一般均用管井，当地下含水层较浅时，可用大口井或渗渠取水。取用地面水时，根据河流、湖泊、水库等自然水体的具体情况，采用岸边固定取水或浮船、泵车等移动取水构筑物，河水过浅可用低坝取水或用橡胶坝等活动取水方式，山区河流多用底栏栅取水方式。

输水管道是输送水体的通道，它设于水源地至水处理厂和水处理厂到给水管网之间，根据水压及管径的需要可选用混凝土管、钢筋混凝土管、铸铁管、钢管等，输水管上设闸阀，隆起部位设排气阀以免气阻，谷底设排水阀以便放空。

水处理厂是将原水处理达到用水水质要求的水厂或给水站。根据水质化验资料确定处理工艺，要处理好分离污泥及废水，特别是高矿化度废水、浓氟水等，避免造成二次污染。

调节及储存构筑物是用以调节给水处理厂制水与用户用水之间的不平衡、保证有稳定水压的储水工程设施，有水池、水塔等。常采用钢筋混凝土结构，其容量按调节容量、消防储水量和安全储水量之总和确定。地形允许宜建高位水池，使水池水塔合一，高层建筑则在顶部设水箱。

给水泵站有4种形式：①一级泵站，将水从水源地输送到水处理厂，输水能力为处理厂供水能力和水厂自用水量，一般全日均匀供水；②二级泵站又称日用泵房，将处理厂的清水送入给水管网，供水能力要满足最高用水量的要求，在低负荷时亦能使水泵高效率运行，一般设多台泵、水塔或气压罐及变频调速均压供水设施；③加压泵站，提高给水管网中水压不足区的压力；④循环泵站，将生产中排除的废水经处理或冷却后再送回生产中使用的泵站。

给（配）水管网直接向用户供水，由管道、配件及

附属设施组成，分干管、支管和用户管。管网应按分质供水设计。消火栓一般接在支管上。矿井给水干管尽量布置成环状。

室内给水系统 安装在建筑物内的输水设施，包括生活、生产及消防用水器具、水龙头、管道系统和附属设施。储水箱或气压罐，用于调节供水需求之间的不平衡。管道常用镀锌钢管。

井下给水 供给煤矿井下生产和灭火用的供水设施，包括采煤及掘进机组用水、凿岩及装岩用水、冲洗岩帮及放炮后消烟除尘用水、净化风流及水风扇用水、煤流运输中的转载点及装车站除尘用水、总回风巷及井底车场消防水幕及高倍数泡沫灭火用水、砌碹及锚喷用水、煤体注水及抽放瓦斯钻机用水、井下压缩空气机冷却用水、热害矿井的冷冻站用水、巷道及硐室内消火栓用水和其它需要供水的地点等。一般由地面经井筒将水引入井下，井筒内或井底设减压阀等消能降压设施，防止水压过大，以井下水作水源时，井下需设处理硐室，采区水压不足时，需设加压泵站，供局部升压使用。

排水工程 矿井生活污水、生产废水和其它弃水的收集、输送、净化、利用和排放的工程设施。由排水管系、排水泵站、污水处理厂和最终处置设施四部分组成（不包括雨水排水设施）。

排水管系 是收集和输送废水的管道系统。有合流制和分流制两种方式。矿井常为分流制，即生活生产废水与地面径流的雨水分别排放，管系为明渠或管道，室内常用铸铁管或塑料管，室外多用钢筋混凝土管或陶土管，明沟为砖石或混凝土砌体上加盖板，附属设施有检查井、跌水井、雨水口、污水口、倒虹吸管、隔油井、化粪池等小型局部处理设施。

排水泵站 排水工程中的抽升设施，平坦地区管道埋深较大，不能排放或进行处理，需设排水泵站。污水泵常用离心污水泵，运行为压入式。带绞刀的潜水排污泵能防止杂物堵塞，可置于集水池内，便于安装检修。污水泵需有备用泵和两个电源送电。雨水泵大多用轴流泵或离心泵，不设备用泵。

污水处理厂 又称处理站。处理各类污水的工程设施。根据水质、用户和环境保护确定的排放标准，确定处理工艺，生产矿井多用去除漂浮及悬浮固体的一级处理方式，尔后排入水体或灌溉农田。新建矿井多采用二级处理方式，经一级处理后，利用生物处理法的生化、氧化过程除去大量有机污染物。污水处理设施有鼓风曝气、射流曝气、表面曝气、氧化沟、氧化塘、生物转盘等。若污水回收再复用，在二级处理的基础上，需再加深度处理（见环保卷）。

最终处置设施 将已处理达标的水输送到矿外（如场外排水沟）的工程设施。

（邹象年）

kuangjing dimian shengchan xitong

矿井地面生产系统 （production system of mine surface） 矿产（煤炭）加工、矸石处理、材料和设备输送等所构成的矿井地面生产体系。

地面加工系统 由受煤、筛分、选煤、储存、装车等主要环节构成，是矿井地面生产系统的主体。

受煤是在井口附近设有一定容量的煤仓，接受井下提升至地面的煤炭，保证井上、下均衡连续生产。有的矿井兼有外矿来煤的受煤系统，其型式根据外来煤炭的运输方式而定。

筛分是为满足用户和选煤工艺对煤的粒度要求，用筛分设备将原煤或选后精煤分为不同粒度级别的作业。按选煤工艺要求进行的筛分称预先筛分或准备筛分，按用户要求级别进行的筛分称最终筛分。

选煤是使煤中的矸石、夹矸煤及杂质与煤进行选别，以降低煤的灰分 硫分。经过选煤，达到合理利用煤炭资源、节约能源、减少无效运输、减少环境污染、提高企业效益和社会效益的目的。矿井选煤厂、筛选厂应与矿井同步建设。原煤送往矿区集中选煤厂、筛选厂加工的煤矿，地面生产系统不设选煤环节。

为调节产、运、销之间产生的不平衡，保证矿井和运输部门正常均衡地生产，矿井地面生产系统中设有原煤储煤场或贮煤仓。为防止储煤场的煤尘对周围环境造成污染，可在场地四周设洒水灭尘装置或在储煤场上加罩封闭。

装车包括装车（船）、调车和计量。为配合装车（船），设有装车（船）煤仓，其容量一般大于列车或船只的载重量，以保证在规定的时间内完成装车（船）作业。按照不同的外部运输方式，装车煤仓分为汽车装车仓、窄轨铁路装车仓和准轨铁路装车仓；按结构型式分为圆筒仓、方形仓、滑坡仓、半地下仓等；按设置位置分为装车站线上的“跨线仓”和装车站线一侧的“落地仓”。

为了掌握原煤和产品煤的质量，用以指导井调整生产，在矿井地面生产系统中需设制样、化验设施。采集的煤样经煤样室制样后，送化验室进行灰分、水分、硫分、挥发分、发热量等项测定。

矸石处理系统 对开拓掘进的矸石和地面从煤中分选出的矸石，过去多当废料排弃，在矿井、选煤厂附近设矸石山，占用了大量土地，严重污染环境。煤矸石可用来生产砖瓦、水泥等建筑材料；充填井下采空区和

地面塌陷区、沟谷以及筑路粉碎后作沸腾炉燃料。

设计矸石处理系统时，应根据矸石的性质确定其利用途径，将可加工利用的矸石与废弃的矸石分开处理。在矿井建成初期尚未形成塌陷区前，设临时矸石山堆放排弃矸石。矸石用箕斗、侧翻车或三面翻矸车等容器装载，经绞车提至卸矸架，将矸石翻卸。

罐笼提升的立井井口，设摇台、罐座或支罐机、阻车器、推车器、推车机等操车设备操作矿车进出罐笼。串车提升的斜井，一般采用平车场，井口设自动摘钩器，摘钩后的串车靠惯性滑出井口房，停在井口的空车，经编组挂钩后，用推车机送入井筒。平硐井口一般不设操车设备，矸石车由机车牵引到排矸场，经翻车机卸入矸石仓内。

材料和设备运输系统 将材料库、坑木场、机修车间等处运来的材料、设备送入井下；井下提升到地面的废旧材料和需检修的设备转运到仓库、机修车间。材料、设备通常用材料车、平板车或矿车运输，利用井上、下操车设备和起重运搬设备送入罐笼，进行升降。

矿井地面生产系统设计 设计主要原则是：①根据煤质特征、用户需要和用途确定加工深度和选煤方法，向用户提供优质合格产品；②充分利用地形，简化工艺系统，缩短运输线路，减少设备、节省占地；③为缩短车（船）在矿作业时间，提供快速装车（船）条件；④防止环境污染，对矿井、选煤厂、筛选厂排放的矸石、煤泥水等要妥善处理；⑤提高机械化水平和劳动生产率，降低能耗和生产成本，提高经济效益。

世界主要产煤国家地面生产系统主要朝着加大处理能力、设备大型化和采用高架式联合工艺布置的方向发展，选用大倾角带式输送机作为环节间联系，以缩短间距减少占地。

为了合理利用煤炭资源和提高煤炭利用率，一方面扩大选煤能力、增加入选煤比重、提高选煤效率，另一方面积极开发煤炭成型、水煤浆、煤炭气化液化等新工艺，并设计与之配套的矿井地面生产系统。

对于矸石、材料、设备的运输，则应推广集装箱式，并按计划需要编列直接运往工作地点，以简化提升运输系统及提高生产效益。

（李国端）

kuangjing dimian shengchan xitong shebei anzhuang

矿井地面生产系统设备安装 (installation of mine surface production system) 矿井地面运煤、筛分、装车、储煤设备的安装工程。

运煤设备安装 运煤主要设备是带式输送机。带式输送机安装首先根据设计挂中心线，依序安装机头架、机尾架、中间架。中间架的固定有预埋螺栓紧固法、预埋钢板焊接法和预留孔洞法等，其中预埋钢板焊接法应用较多。机头架、机尾架及驱动装置以用螺栓固定为宜。带式输送机的传动滚筒与换向滚筒根据设计的中心线安装，根据传动滚筒位置再安装减速箱与电动机，中间架找正固定后安装胶带托辊，在进料处要安装缓冲托辊，在安装犁式卸煤器的地方要安装平托辊，为了防止胶带跑偏，还要安装防跑偏托辊。托辊安完后铺设胶带，胶带接头大多采用热硫化胶接或冷硫化胶接方法，热硫化胶接由于要采用蒸气或电阻丝加热，比较复杂，所以采用冷硫化胶接较为广泛，板卡或胶带扣联接容易漏煤、磨损托滚和产生噪音，较少采用。带式输送机试运转时如发生胶带跑偏现象，一般纠正方法是：调整前后滚筒纵向垂直度；整调上下托辊的纵向垂直度；增加防跑偏托辊；带式输送机均匀装料；校对调整胶带接头中心位置。

筛分设备安装 筛分设备主要有手选带式输送机、电磁除铁器、振动筛、破碎机，以及除尘器、漏斗、溜槽、闸门等。

手选带式输送机安装方法与运煤带式输送机相同。电磁除铁器吊挂在带式输送机上方，利用电磁力将混入煤中的铁质杂物吸上，故安装电磁除铁器主要是控制好除铁器至带式输送机物料面的距离，除铁器电流值要调整适当，以保证有足够的电磁力。

生产系统常用的是单轴振动筛，它分为座式与挂式两种。安装座式振动筛时，首先安好筛下漏斗和弹簧支承座，弹簧应抽检试验，弹簧端面水平度是保证安装质量的关键，筛子的周边与上面的防尘罩、下面的漏斗要保持适当间隙，避免在运行时发生撞击。安装吊挂式振动筛要调整好吊挂钢丝绳的长度，悬挂点要安设正确牢固，试车时注意对悬挂结构的检查。生产系统常用的有锤式破碎机、颚式破碎机与齿辊式破碎机，其安装方法大致相同，机架横向与纵向水平度应符合安装标准，各部轴承间隙、颚板间隙及齿辊间隙符合技术文件要求，胶带轮中心线调整对中。为了减小振动和噪音，可在混凝土基础上垫一层缓冲橡胶垫层。

装车设备安装 装车设备主要有配煤带式输送机、装车带式输送机、仓下给煤机、调度绞车等。

配煤带式输送机轨道铺设水平度和轨距要符合要求，上下运煤溜槽要与接受口对正，防止撒煤。装车带式输送机安装方法与运煤带式输送机相同。常用的仓下给煤机有往复式给煤机和电磁振动给煤机，安装前先检查吊挂装置的预埋螺栓或预埋铁板是否准确，给

煤机一般是整体吊装到安装位置上，机体纵横中心线位置要正确，悬挂装置焊接牢固，料槽的悬挂角度，一般下倾10度为宜。电磁振动给煤机的机体与进料出料溜槽应留一定间隙，电磁铁的铁芯与衔铁平面应保持平行和清洁，调整其间隙使振幅均匀、防止共振。

调度绞车包括绞车钢丝绳、挂钩尾部拉紧装置、托绳辊等。绞车与托绳辊的混凝土基础做完后即可进行安装。绞车按设计中心线整体安装；安装托绳辊要注意其标高和中心线；安装尾部拉紧装置，要注意引张车的灵活，重锤数量应符合设计；最后敷设钢丝绳，钢丝绳的绳头连接应采用插接的方法。

储煤设备安装 储煤设备包括储煤和返煤设备。储煤设备一般有带式输送机、溜槽、推土机、堆料机等；返煤设备一般有带式输送机、装载机、取料机、扒斗绞车等。斗轮式堆取料机同时具备储煤和返煤两种功能。斗轮式堆取料机的安装顺序为台车、门座、回转机构与转盘、门柱前臂架、配重架与斜撑架、拉杆系统、俯仰油缸、悬臂带式输送机、斗轮及传动装置，最后安装尾车。安装过程中要采取措施增加稳定性，确保机体的平衡，防止倾覆。

（牛家瑜）

kuangjing fuwu nianxian

矿井服务年限 （mine life） 按矿井可采储量、设计生产能力，并考虑储量备用系数计算出的矿井开采年限。它对矿井的稳定发展、储量的合理利用、工程合理使用和建设投资效益都有很大影响。

矿井服务年限的计算公式为：

$$T=Z/A\cdot K$$

式中 T 为矿井服务年限，a；Z 为矿井可采储量，万t；A 为矿井设计生产能力，万t/a；K 为储量备用系数，中国《煤炭工业矿井设计规范》规定 $K=1.4\sim1.6$。储量备用系数是为保证矿山有可靠服务年限而在计算时对储量采用的富裕系数。

矿井实际服务年限一般比设计服务年限要少，其原因是：①矿井设计工作制度与实际工作制度（350d，18h）相差较大；②探明地质构造或煤层变化与实际有出入使储量发生变化；③采区回采率达不到规定值。

为了保证矿井能长时间均衡生产和发挥投资效益，矿井服务年限一定要与矿井生产能力相协调，中国《煤炭工业矿井设计规范》规定，矿井设计服务年限及第一水平设计服务年限不小于表1的规定。小型矿井（0.3Mt/a及以下）服务年限由各省煤炭局（厅）自定。

中国《煤炭工业技术政策》对于改扩建矿井的服务年限规定见表2。

表1 矿井及第一开采水平设计服务年限

矿井设计生产能力 (Mt/a)	矿井设计服务年限 (a)	第一水平设计服务年限 (a)		
		煤层倾角 <25°	煤层倾角 25°～45°	煤层倾角 45°
6.0及以上	80	40	—	—
3.0～5.0	70	35	—	—
1.2～2.4	60	30	25	20
0.45～0.9	50	25	20	15

表2 改扩建矿井服务年限

井型	改造后设计能力 (Mt/a)	改造后服务年限 (a)
大型	3.0及以上	40～50
	1.2～2.4	30～40
中型	0.45～0.9	20～30
小型	0.3及以下	由省煤炭局（厅）自定

20世纪70年代以来，一些主要采煤国家为适应科技进步、技术装备更新周期短及获得良好的经济效益，大型矿井服务年限趋向缩短，一些新建大型矿井为50a左右。

参考书目

《煤炭工业技术政策》，煤炭工业出版社，1987。

《煤炭矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

（贾悦谦）

kuangjing fuzhu shengchan chejian

矿井辅助生产车间 （mine auxiliary production workshop） 煤矿地面辅助生产设施的总称。任务是维修本矿设备、短期贮存生产所需各类物资、准备采空区充填材料等，矿井辅助生产车间有维修车间、木材加工房、材料场等。

维修车间 其任务是：承担本矿机电设备的日常检修和维护；矿车、风动电动工具及防爆小电器等简单设备的大修理；金属支架及钎杆、钻杆修理；输送机胶带及软电缆硫化修复等。按维修对象和规模划分成工区、队或组，如矿山机械修理、电气设备修理、运输设备修理、锻铆、气焊电焊加工、支护修理、管线修理等，机修修理设备一般按需要配套设置，并设有相应的起重机械。

木材加工房 承担矿井坑木及另散木材的简单加工，当不设矿区总贮木场时，各矿井需专设坑木（木

材)储存及加工制作设施。坑木加工房规模要根据本矿年木材(坑木)消耗量决定。现代化矿井的物资供应贮存系统，坑木是在矿区总贮木场或专门企业加工成本矿需要的尺寸规格、捆扎或用集装器具装成整体，由汽车运至井口转载场地，再转至井下工作地点。

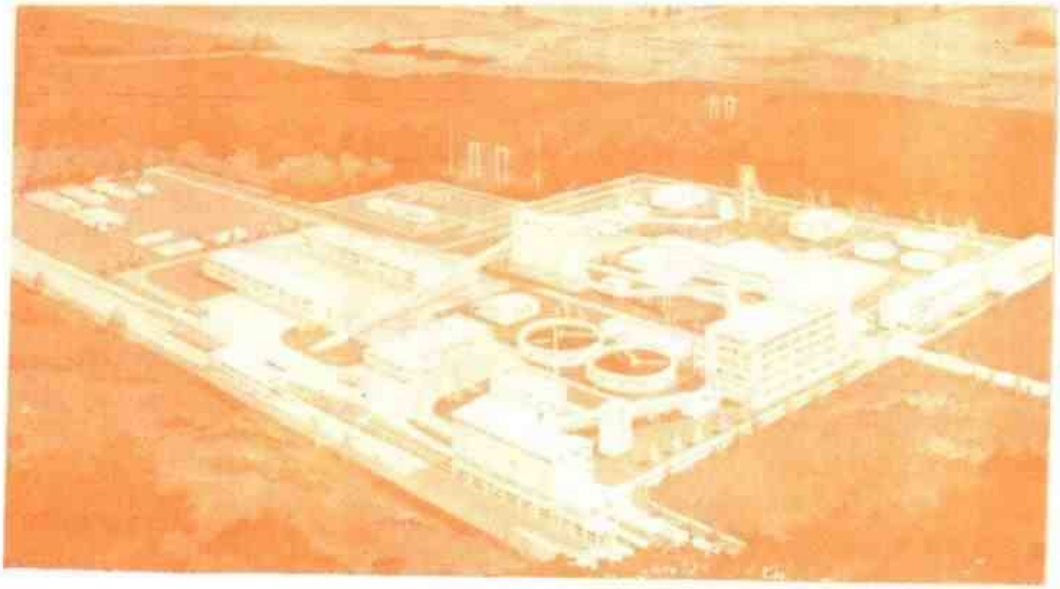
材料场 贮存井下巷道开拓与支护材料的堆场与库房的总称。常包括木材堆场、金属支架和钢材贮存场、砂石堆场、水泥贮罐(仓)或水泥库、混凝土预制构件堆场、油料和乳化液库等。材料场的规模由本矿井各类材料的日消耗数量、储备定额和储存工艺确定。

现代矿区的物资管理趋于集中化专业化，矿区集中建立物资供应基地。各类材料由矿区总器材库或专业企业的供应基地集中运输供应到矿井；矿井实行无仓库供料或仅贮存1～2天供料；所有材料都按一定规格系列的集装箱、捆扎或其他容器包装；建立从供应基地到井下用料点的物料贮存运输的综合工艺系统；实现装卸贮运作业的全部机械化。采用这些技术、管理措施后，现有矿井材料场变成由包装容器的重箱和空箱场房组成的物料转载场。

(程伟浩)

kuangjing gongye changdi zongbuzhi

矿井工业场地总布置 (general layout of mine compound) 矿井工业场地内生产、辅助生产、行政公共建(构)筑物和公用设施等的规划和布局。它根据场区地形、气象、水文、工程地质等自然条件和矿井生产工艺及对外运输等要求，合理地解决各建(构)筑物在平面和竖向的布置，配置运输线路、排雨水系统、工程管网，场区绿化和建筑群体艺术处理。矿井工业场地总布置图例见图。



矿井工业场地总布置图例

设计原则 ①按建(构)筑物功能要求，因地制宜分区布置。②根据生产使用、防火、卫生、安全等灾害救护和工程施工等要求，尽量分区规划，采用多层和联合建筑。③建(构)筑物、道路、工程管线的布置要紧凑合理、线路短捷、相互协调、整齐美观。④主要建(构)筑物应布置在工程地质条件较好地段。⑤分期建设的工程应便于前后期衔接，预留场地宜在场地边缘。⑥改扩建矿井应充分利用已有场地、建(构)筑物和设施。⑦充分利用地形，妥善处理建(构)筑物位置与风向、朝向的关系。⑧符合环保要求，搞好绿化美化。⑨应与当地规划或矿区地面总体布置相协调。⑩场区范围与井下煤柱要符合矿井合理开拓的要求，最终达到地面与井下、场内与场外、各建筑物之间相互协调。⑪符合防火、卫生、安全、抗震等有关规定。⑫有利于生产、生活、节约用地。减少煤柱，创造出良好的生产环境和完善的群体建筑艺术形象。

设计内容 包括工业场地的平面布置、竖向布置及排水、场内运输、管线综合。环境与绿化和绘制场地布置鸟瞰图。

平面布置 确定场内所有建(构)筑物的平面位置。①根据自然条件和场区外部条件，确定场地纵、横轴方向(垂直或平行站场布置)和场地人流、货流、煤流的主次出入口。②根据建筑物功能要求结合风向、日照和场地出入口、装车站、井筒、工艺系统的位置，以

道路及窄轨铁路为骨架进行功能分区，一般将场区分为行政区、生活区（场前区）、生产区、辅助生产区、贮运堆场区等。③在功能分区的基础上，按照生产工艺流程、人流、货流路径最短和供电、供暖、压风设施靠近负荷中心等原则，在符合有关规范、规程和满足道路、绿化、工程管线敷设的情况下，满足煤矿的特殊要求，如进风井距坑木场、临时排矸场、炉灰场、通风机房排风口、抽放瓦斯的泵房、锅炉房、烟囱、储煤场、油脂库等规定的最小距离。④各类建（构）筑物要紧凑、合理、美观地布置在各区中，并确定建筑层数、外形、入口位置及建筑群空间关系，特别是场前区建筑群的艺术处理。最后确定工业场地保安煤柱，符合《煤炭工业矿井设计规范》规定的标准。

竖向布置及排水 改造原有地形，确定建（构）筑物和周围场地的高程及排雨水方式。①在保证防洪排涝要求的前提下，充分利用地形，满足建（构）筑物之间生产联系对高程的要求，为场内外运输、排水和装卸作业等创造良好的条件，竖向布置分平坡式、台阶式和重点式，按地形选定矿井井口、地面变电所、通风机房、提升机房，工业场地的防洪标准按《煤炭工业矿区总体设计规范》有关规定执行。②建（构）筑物和周围场地的高程设计要满足排水和防洪要求，方便生产联系，与交通运输及排水设施相协调，窄轨铁路与道路、建筑物相协调，使土石方工程量较小。③根据当地暴雨强度，结合竖向布置形式和道路、窄轨铁路的平面分布，选定排雨水方式和设计排水构筑物，排雨水方式一般分明沟（或带盖板明沟）、雨水管道和两者混合型。④根据竖向布置图计算场地土方工程量，尽量使挖填平衡，深挖、高填时注意对工程地质环境变化的影响，土方计算方法一般用方格网法和断面法，方格网法适用于平坡式布置，断面法适用于地形复杂或台阶式布置。

场内运输 包括工业场地内的窄轨铁路、道路布置及其运输设备的选择。①根据场内运送货物的种类（煤、矸石、材料、设备）、运量、运距、装卸作业方式和时间、工作制度、井下运输设备类型及场地布置的要求，选择窄轨铁路牵引机车（内燃机车、架线电机车、蓄电池机车等）、车辆（矿车、材料车、平板车等）、汽车（载重车、自卸车等）和专用车（起重叉车等）的型号和数量。②根据选定的机车、车辆型号确定窄轨铁路的轨距、轨型、轨枕、道渣、线路最小平曲线和竖曲线半径、道岔型号、限制坡度、股道间距、车场最小曲线半径和坡度，以及装车、卸车、到发线路有效长度及其股道间距。③结合平面和竖向布置，确定窄轨铁路干线、各类车场（装、卸、存车及错车车场）和材料绞车道及去有关建（构）筑物的线路，力求线路短捷顺畅、少与道路交叉和工程量最小。④根据各建（构）筑物及堆场所需物品的运量、消防和人员出入的要求以及通行车辆的型号、车速、回车要求确定道路的路面。路肩宽度、最小平曲线竖曲线半径、最大纵坡、路面结构和型式。⑤结合平面和竖向布置，确定场区道路和回车场，力求线路短捷、顺直、环通，少设平交道，工程量最小。

管线综合 统一协调场内地上与地下工程管线的分布以及管线与建（构）筑物、道路、铁路、绿化及各种工程设施间在平面和竖向的布置。根据生产工艺特点，管线性质及其技术要求，在各专业管线布置的基础上进行管线综合布置，确定管线相互间距、平面位置及交叉处的标高，处理管线间及管线与道路、铁路等设施的交叉。力求使管线布置紧凑、合理，靠近用户及负荷中心，有利施工，便于检修和安全生产。矿井工业场地内工程管线一般有给水、排水、热力、压缩空气、煤气、供配电、通信、照明、电力牵引网络以及选煤厂的煤泥水、循环水、澄清水、药剂、介质管路等。敷设方式有地下、架空和地面三种，场地狭窄和填土方高（2m 以上）的地区可采用综合管沟和共杆架设。管线综合中按下列原则处理布置中的矛盾：有压力的让自流的；可弯曲的让不可弯曲或难弯曲的；管径小的让管径大的；临时性的让永久性的；施工工程量小的让施工工程量大的。

环境与绿化 包括工业场地内绿化和各种建筑小品的设计与布置。①根据当地的气候、土壤等自然条件和场内种植部位的环境特征，以及建（构）筑物、公用设施对绿化间距要求，进行绿化布置，以改善环境、减少污染（烟尘、噪声、有害气体）、防火防爆、调节气候、稳定土壤和完善建筑群空间组织，一般对场前区、场内道路及场区周边以道路线型绿化带与各区点、面型绿化相配合，形成场地整体绿化。②选定树种、草皮需考虑功能要求（如抗污染、净化空气、隔声、遮阴降温等）、观赏效果，适应当地土壤和气候条件、容易繁殖移栽和管理、不防碍环境卫生，同时要考虑速生和慢生、常绿和落叶、观赏和果木、不同色彩、不同高矮的树木配比。③根据场区内整体和局部的建筑群体空间组合和庭院、广场的功能要求，配合绿化设计，适当布置花台、水池、叠石、雕塑、喷水池、休息亭廊、灯柱、步行小道等建筑小品，使其成为建筑群体空间艺术的有机组成部分，增强艺术效应。

场地布置鸟瞰图 把视点位于高于建筑群绘制的透视图，用以形象地表达工业场地建成后的面貌。

发展趋势 中国 20 世纪 50 年代开始进行矿井工业场地总布置设计，学习国外同体或联合建筑布置的

经验，但建（构）筑物少，材料堆场偏小。50年代末，矿井的生产、辅助生产、行政公共设施自成体系，建（构）筑物增多，布置分散，材料堆场加大，场地占地面积不断扩大，开始重视建筑群体形象设计。80年代起进行煤矿地面总体布置改革，简化工业场地设施，建（构）筑物项目减少，趋向联合、集中布置，更重视环境、建筑群体空间组合和形象设计。

随着生产工艺、设备、建筑结构、材料和生产管理体制的变革，工业场地总布置的发展趋势是：生产建筑成为地面建筑群的主体（如井塔、煤仓、主厂房等）；辅助生产和行政、公共建筑少、面积小，并采用新材料、新设备和新结构将建筑物最大限度地合并，使工业场地布局合理、占地少；建筑面貌美观、统一、协调，有良好的绿化设施和生产环境。

苏联在20世纪70、80年代设计以主井、副井、行政公共建筑为主体，布置三大同体建筑及相应的一些辅助设施。美国、加拿大除生产性建筑物外，把行政、公共、机修、仓库等建筑联合成一体，大大减少了建筑项目，压缩了占地面积，并具有良好的建筑面貌和生产环境，同时越来越重视有利于煤柱回收的建筑规划体系。

（冯景涛）

kuangjing gongye jian（gou）zhuwu

矿井工业建（构）筑物 （mine industrial buildings） 为煤炭提升、加工、运输、储存、装载外运、设备维修、管理和环境保护设施等而建造的各类地面建（构）筑物。

因矿井的开拓方式和煤炭的品种不同，煤炭提升、加工、储存和装载外运的方式亦不同，各类矿井中的建（构）筑物的用途和种类也有差异。矿井工业建（构）筑物按功能可分为：①提升系统，包括井架（井塔），斜井提升（矿车或箕斗）栈桥、提升机房、斜井带式输送机驱动机房和检修房等；②通风系统主要有通风机房（包括基本风道和延长风道）；③压风系统为空气压缩机房（包括冷却水池及冷却塔）；④地面生产系统，主井包括主井井口房、箕斗存放间及箕斗修理间、斜井箕斗栈桥、外来煤受煤坑、选矸楼、输送机栈桥及地道、转载站、装车煤仓、斗式提升机房、贮煤场挡煤墙、回煤漏斗、扒煤绞车房、扒煤机柱、堆取料机基础及轨道、推车机和翻车机房、爬车机房及爬车沟、地磅房及地磅沟、调度绞车房及基础，副井生产系统包括副井井口房、矸石绞车房、矸石翻车机房、矸石仓、矸石地道、矸石山栈桥等；⑤充填系统有贮砂场及卸砂仓、充填材料仓及注砂室、充填水泵房、水池、调度室，灌浆系统有清水泵房、加压泵房、泥浆泵房、贮水池、加压水池、泥浆池、沉淀池、灌浆沟槽及蓖子间，安全监测控制系统有安全监测中心、自救器站、瓦斯抽排站、地面制冷站、制冷站泵房、值班室、库房；⑥通讯调度系统有地面通讯调度中心、卫星通讯地面接收站、地面微波通讯站，计算机系统有计算机中心；⑦地面变（配）电所有室外构架、室外设备基础、室外电缆沟、围墙大门、地面电机车充电（变流）室；⑧地面运输系统。标准轨距铁路行车室，路矿办公室、搬道房，窄轨铁路运转室、养路工房、路道口及无极绳绞车房；⑨给排水及供热系统包括取水构筑物（如水源井、集水井等）、净水构筑物、水泵房、水塔、贮水池；化粪池、污水泵站、锅炉房及烟囱、锅炉房上煤栈桥、空气加热室、热风道、热交换站；⑩辅助厂房及有机电修配厂、坑木加工房、钢筋砼预制构件厂、金属网编织间、煤样室、化验室、地面电机车库及修理间、租赁站、地面爆破器材库、雷管库以及附属建筑物，设备库、综采设备备品件库、材料库及材料棚、地面消防器材库、油脂库、汽车库及汽车修理间、矿井救护车房、材料绞车房；⑪行政生活福利建筑有行政办公室、采区办公及任务交待室、更衣室、浴室、矿灯房、自救器室、井口等候室、井口医务室、职工食堂等；⑫环境保护有环境监测站、污水处理构筑物等。

矿井工业建（构）筑物设计原则：①建筑物设计要全面贯彻安全、经济、美观的方针；②建筑物设计要贯彻节约用地的原则，尽量采取联合建筑和多层建筑，合理集中，形成以主井为中心的煤炭加工、储装区和以副井为中心的辅助生产和行政区联合建筑体系；③建筑标准按其重要性及使用要求区别对待，并符合国家现行的各类规范及所在省、市、自治区的有关规定；④结构类型要满足技术、生产和经济要求，结合材料来源和施工条件，经技术经济比较后合理选择；⑤建（构）筑物的服务年限应与矿井的服务年限相适应；⑥建筑体型、平面、立面及材料选择充分考虑节能效果；⑦设计必须依据场地近期实测地形图及气象、工程地质和地震资料。

（范宝华）

kuangjing gongre xitong

矿井供热系统 （heat supply system of mine）

为矿井工业场地和居住区供应生产、生活用热的设备、设施、建（构）筑物及管网体系的总称。主要由供热热源、供热管道和热用户三部分构成。热源有矿井锅炉房、热电站和矿区集中热力站，供热管道包括由热源向热用户输送、分配热量的干管和支管，热用户有建

筑物采暖、井筒防冻等季节性用户，以及浴室用水、工作服洗涤与干燥、食堂蒸煮消毒、开水供应等常年性用户。矿井供热系统应根据矿井热负荷性质、大小、密度及分布、采暖期长短、设备材料与燃料价格、建设与施工等因素，通过技术经济分析后选定。

矿井锅炉房 用以安装生产热能的锅炉及其辅助设备的建筑物，是矿井生产、生活及采暖用蒸汽或热水的供热中心。锅炉房的型式，按热媒种类分为蒸汽、热水、蒸汽—热水锅炉房（又称混合锅炉房）。燃料为原煤、劣质煤、洗矸或矿井抽出的瓦斯。燃烧方法为机械床层燃烧、沸腾燃烧和悬浮燃烧。锅炉台数按照热负荷调节、最小供热保证率（采暖供热保证率一般不低于67%，生产供热保证率一般不低于75%）、锅炉检修与扩建的可能性等因素确定，一般不少于2台，最好为3～4台，最多不超过7台，不设备用锅炉。锅炉房工艺包括燃料系统、燃烧系统、除灰系统、热力系统、给水及补给水处理系统、烟气及烟气净化系统、热工检测与控制系统和供配电系统等。锅炉房的位置应靠近主要热用户，要有扩建余地，便于燃料与灰渣贮运、利于环境保护等。

供热管道 由矿井供热热源向热用户输送和分配热媒（蒸汽或热水）的管道，包括输热干管、配热干管和配热支管。供热管道有单管、双管和多管布置方式，敷设方式有架空、地沟和直接埋地等。直接埋地敷设又称无沟敷设，是一种比较经济且有发展前途的敷设方式，与地沟敷设相比，节省投资20%～50%，施工周期缩短50%以上。采用蒸汽供热时，矿井浴室、井筒防冻空气加热室及医院宜设专管供热。管道常设于道路一侧平行道路布置，要与地上、地下建（构）筑物，各种管道与线缆设施等相协调，避开土质松软区、塌陷区、滑坡危险区、地震断裂带、污染区及高地下水位区等不利地段。供热管道及附件表面需有保温措施，常用的保温材料有泡沫混凝土、矿棉、石棉、玻璃棉、硅石、硅藻土、膨胀珍珠岩及岩棉等，聚氨酯硬质泡沫塑料热导率小、耐磨蚀性好、吸水率低、质轻、强度大、加工成型简单，已得到广泛使用。为防止温度升降引起管道伸缩而破坏，供热管道需有热膨胀伸缩补偿措施，常用弯曲管段的弹性变形补偿热伸长，亦可使用套管补偿器、波纹补偿器或方形补偿器等。

（刘绍基）

kuangjing jianshe gongqi

矿井建设工期 （mine construction stage）

又称建井期、施工期。指从矿井井筒正式开工到按设计规定的投产标准全部建成，并经竣工验收和交付使用所需的时间。其中包括完成设计规定的投产前应完成的井下、地面和有关配套工程，并经试运转、试生产的时间。矿井建设工期是影响矿井建设经济效益的主要指标之一，缩短矿井建设工期可使矿井尽快投产，既可及时回收资金，又可及时向社会供应能源。矿井建设周期指矿井建设从立项开始到按设计要求全部建成投产为止的全部时间；矿井施工准备期指矿井建设从办妥土地征购，施工人员进场开始到一个井筒正式开工之日止的全部时间；矿井建设总工期指矿井施工准备期与矿井建设工期之和。

影响矿井建设工期的主要因素是：①煤层的埋藏条件；②矿井的瓦斯、地温、水文等地质条件；③井型、井巷设计工程量及主要贯通长度；④施工的安排及速度。

中华人民共和国成立后各个时期矿井建设工期如表。

缩短矿井建设工期的主要经验是：①严格按基本建设程序办事，确保地质报告的精确度和文件的质量，矿井开工前编制好施工组织设计；②矿井建设的同时，

各个时期的矿井建设工期表　　单位：月

时　期	平　均	大型矿井		中型矿井	小型矿井
		150万吨以上	90～150万吨	30～90万吨	30万吨以下
“一五”时期	29.79	37.60		26.97	18.46
“二五”时期	21.91	17.81		24.81	19.27
三年调整时期	67	82	73	70	63
“三五”时期	54	84	77	60	42
“四五”时期	52	87	75	57	49
“五五”时期	80	131	86	84	76
“六五”时期	82.7	114	112.1	86.7	51.3
“七五”时期	67.24	92.7		81.8	38.5

其他辅助、服务工程设施同步建设，如铁路专用线、公路、选煤厂、永久输变电、永久通讯以及生产辅助系统、生活及办公福利等；③简化矿井地面布置，减少井巷工程量，缩短贯通距离，多做煤巷少做岩巷等；④择优选定施工队伍；⑤大型矿井采用一次设计、分期建设、分期投产的做法，使先期建成的采区，可以提前投产出煤。

（张文琰）

kuangjing jianshe jishu jingji

矿井建设技术经济 （technical economy of mine construction） 运用经济理论和方法，对矿井建设采用的各种建设方案进行计算、分析、论证评价和择优，使矿井建设取得最佳经济效益。矿井建设技术经济的内容包括矿井可行性研究经济评价、设计方案经济比较、编制设计概算及施工图预算、建设过程造价控制与管理、编制工程竣工结（决）算以及建设项目的后评估等。

矿井可行性研究经济评价，是对各种建设方案、技术方案和生产经营方案的生产组织、投资总额、生产成本、现金流量、销售收入、损益、借款偿还等计算分析，评价论证项目是否可行，为投资决策提供科学依据。它分财务评价和国民经济评价两部分，前者是从企业的角度，分析矿井建设项目的经济效益、判断矿井建设财务上的可行性，后者是从国民经济宏观角度，分析矿井建设的经济效益与社会效益、评价矿井建设经济上的合理性。

设计方案经济比较，是对矿井设计技术方案的技术经济因素的经济效果进行比较、分析和优选，是在同等经济计算基础上进行的。常用的比较方法有净现值法、差额投资内部收益率法、最小费用法、静态差额投资收益率和回收期法等，见本卷“矿区建设技术经济”条题。

编制设计概算及施工图预算，是根据初步设计内容及概算指标编制设计概算，以确定矿井建设设计总投资；根据施工图设计及预算定额编制施工图预算，确定单位工程造价。

建设过程造价控制与管理，是在矿井建设的全过程实行对工程造价的控制与管理，以提高投资效果。在设计工作中推行限额设计，保证矿井建设项目的估算投资、概算投资得到控制，使建设费用不突破造价限额。在工程建设中要控制好工程造价，合理安排和使用建设资金，缩短工期，节约投资，提高投资效果。在施工过程中优化施工组织设计、施工方案和技术措施，提高施工速度，节约劳动力、原材料及各项费用，降低工程造价。

编制工程竣工结（决）算，是在工程竣工时编制工程结算和财务决算，进行概、预、决算的对比分析，考察投资使用效果及实际建设成本的合理性。

建设项目的后评估，是在矿井全部建成并正式投产后，对可行性研究报告中预测的主要评价指标与实际数据进行对比分析，检验其准确性与经济效益。

中国矿井建设技术经济工作，自20世纪50年代初至70年代末一直沿用苏联的模式，其内容主要是通过编制设计概、预算确定矿井建设的投资额，编制结（决）算确定工程实际成本。对矿井投资项目，设计中也进行一些技术经济论证，但定性分析多、定量分析少，不能满足投资决策的要求。80年代初，随着中国经济体制改革的需要，矿井建设技术经济工作的内容有了很大的变化与充实。投资前对矿井建设项目作出可行性研究财务评价和国民经济评价，为投资决策提供科学依据，矿井建成投产后，对矿井项目进行后评估，检验原定评价指标的准确性。矿井设计概算的编制，也从静态投资转向动态投资。

矿井劳动定员 根据矿井设计确定的生产规模、生产条件和技术装备水平，矿井达到设计生产能力时所需配备的各类人员的数额。

矿井劳动定员的组成 原煤生产人员、服务人员及其他人员之和，即为矿井劳动定员的总数。①原煤生产人员是井下及地面直接从事生产和直接为生产服务的全部人员，包括原煤生产工人和管理人员。原煤生产工人，除井下及地面生产工人外，还包括矿山救护、瓦斯抽放及工业卫生等人员。管理人员包括行政管理、政治工作和工程技术人员。②服务人员是指服务于职工生活和间接服务于生产的人员。③其他人员是指从事专用基金费用项目的工人、场外铁路专用线的维修人员、自营铁路的工人及管理人员等。

矿井劳动定员的编制 根据设计规范的有关规定，结合矿井各生产环节和工艺流程，按岗位配备生产工人数及管理人员数，并按规定的比例范围计算服务人员及其他人员。

矿井劳动生产效率 矿井原煤生产人员效率通称矿井全员效率，是指矿井平均每一出勤原煤生产人员每日生产的原煤量。计算公式为：

$$\text{矿井全员效率}=\frac{\text{矿井原煤日产量}}{\text{每日原煤生产人员出勤人数}}\text{，t/工}$$

它是反映矿井生产技术、劳动组织和管理水平等的一项综合性指标。

劳动定员及全员效率是矿井设计、矿井行政、公共

建筑及居住区等设计的计算基础，定员多少及效率高低对设计标准影响较大。设计全员效率偏高，将使矿井长期达不到设计效率，造成人员超编，矿井行政、公共建筑及居住区等面积短缺等；效率偏低，将造成矿井行政、公共建筑及居住区等面积过大，浪费投资。中国煤炭主管部门根据不同时期煤炭生产状况、矿井生产水平、机械化水平和管理水平等条件，对矿井设计的全员效率规定控制指标。煤炭工业部1978年颁发的《煤炭工业设计规范》，根据矿井不同的井型、地质构造及机械化开采程度，规定的矿井全员效率指标如表。

矿井全员效率指标

类型	设计生产能力(Mt/a)	全员效率指标(t/工)	
		主要以普机开采	综机开采占总回采量50%以上
大型井	2.4、3.0及以上 1.5、1.8 0.9、1.2	 2.0～2.4 1.6～2.0	3.0～4.0 2.5～3.5 2.0～3.0
中型井	0.3、0.45、0.6	1.4～1.8	
小型井	0.09、0.15、0.21	1.0～1.2	

注：表内指标，井型小的、地质构造复杂的取小值，井型大的、地质构造简单的取大值。

矿井建设总投资 为了煤炭企业扩大再生产，对新增生产能力的矿井建设进行资金投放的总额，又称矿井建设工程造价。即在新建、改建、扩建矿井的基本建设中，各种生产性和非生产性固定资产所用的资金总和。它是以货币形式表现的矿井建设工作量，是反映矿井建设规模的一项主要指标。中国矿井建设投资来源80年代以前由国家财政拨款，从1985年起，国家规定，凡由国家预算安排的基本建设投资，全部改为银行贷款，故矿井建设总投资除固定资产投资外，还包括矿井建设期的贷款利息。矿井建设总投资由建筑安装工程费（包括矿建工程、土建工程、安装工程）、设备及工器具购置费、工程建设其他费用和预备费组成。

建筑安装工程费 由直接费、间接费、计划利润和税金组成。

(1)直接费。建筑安装工程施工过程中，直接消耗在特定产品对象上的费用，由基本直接费和其他直接费两项组成。

根据煤炭工程建设的特点，基本直接费又分为直接定额费、井巷工程辅助费及定额外材料费(或装置性材料费)。①直接定额费是由人工费(包括基本工资、工资性津贴及附加工资等)、材料费（包括原材料、成品及半成品等)和施工机械使用费组成；②井巷工程辅助费是指为井巷工程施工服务的提升、排水、压缩空气供应、通风、运输、照明、供电等其他辅助系统施工设备、设施所发生的费用，由折旧与大修理费、辅助材料与经常修理费、安装与拆卸费、辅助工人工资、动力费及周转材料摊销费等组成；③定额外材料费是指安装定额（指标）中未包括，而需按设计规定的数量、规格并按规定的损耗率计算的材料费。

其他直接费是指概、预算定额规定以外施工中所发生的费用，例如冬雨季施工增加费、检验试验费等等。

(2)间接费。施工企业组织和管理施工所发生的各项管理费用，由施工管理费和其他间接费组成。①施工管理费主要包括工作人员工资（及工资附加费）、工作人员劳动保护费、办公费、职工教育经费、差旅费、固定资产使用费、行政工具用具使用费、流动资金贷款利息、其他费用等；②其他间接费包括施工所必需的生活和生产用的临时设施费、劳动保险基金、职工生活用煤价差、生活物资运输费等。

(3)计划利润。施工企业按国家规定的计划利润率计取的利润。

(4)税金。按国家规定应计入建筑安装工程造价内的，国家征收的营业税、城市建设维护费及教育费附加。

设备及工器具购置费 指生产设备、备品备件、进口及大型（或特殊）施工设备的购置费（包括设备原价及设备运杂费）、成套设备业务费、设备储备贷款利息以及生产工器具和生产家具购置费等。其中成套设备业务费系指按设计所列设备成套供应，承包方向发包方收取的业务费；设备储备贷款利息系指为满足大型设备的合理储备和保证储备资金的正常供应，由建设单位向银行申请储备贷款而支付的利息。

工程建设其他费用 根据煤炭系统有关规定应在矿井建设总投资中支付的、除建筑安装工程费和设备及工器具购置费以外的其他费用。包括土地征用费、居民迁移费、旧有工程拆除和补偿费、建设单位管理费、生产筹备费、生产人员培训费、办公及生活用具购置费、联合试运转费、场区绿化费、施工机构迁移费、维修费、研究试验费、引进技术和进口设备项目的其他费用、施工安全技术措施费、供电贴费、勘察设计费、凿井措施工程费等。

(1)土地征用费。指建设工程在设计范围内征用和因施工需要临时征用的土地，按照国务院《国家建设征用土地条例》规定所应支付的土地补偿费、青苗补偿费、被征用土地上的附着物（房屋、水井、树木等）的

补偿费、迁坟费、安置补助费、土地征收管理费、土地占用税等。

(2)居民迁移费。指建设工程在建设期间和矿井移交首采区所必须迁移居民而发生拆建房屋的补偿费和安置补助费。

(3)旧有工程拆除和补偿费。指在建设工程场地范围内，对不能利用的原有建筑物、构筑物、设备、管线等所发生的拆除费和补偿费。

(4)建设单位管理费。指建设单位为进行建设项目的筹建、建设、联合试运转、验收总结等工作所发生的管理费用。

(5)生产筹备费。指新建矿井在移交生产前为筹备生产所发生的费用，包括生产筹备人员费用及为熟悉本岗位工作而提前进矿人员所发生的费用。

(6)生产人员培训费。指新建矿井及新增生产能力的扩建矿井在交工验收前，自行培训或委托其他矿培训技术人员、工人和管理人员所支出的费用。

(7)办公及生活用具购置费。指为保证新建、改建、扩建矿井初期正常生产、使用和管理，必须购置的办公和生活家具、用具的费用。

(8)联合试运转费。指新建矿井或新增生产能力的扩建工程，在竣工验收前，按照设计规定的工程质量标准，进行全系统负荷或无负荷联合试运转所发生的费用支出大于试运转收入的亏损部分。

(9)场区绿化费。指新建矿井在移交生产前，工业场地、场外公路及居住区绿化所需的费用。

(10)施工机构迁移费。指施工机构根据建设任务的需要，经有关部门决定成建制地(指公司或公司所属工程处、工区)由原驻地迁移到另一地区所发生的一次性搬迁费用。

(11)维修费。指井下锚喷支护巷道、木支架巷道和工业场地永久建筑工程及场外公路建成后至移交生产前，由施工单位使用和代管期间所发生的维修费用。

(12)研究试验费。指在施工中，按设计规定，为验证设计基础资料必须进行的研究和试验所需的费用，以及科研成果、先进技术的一次性技术转让费。

(13)引进技术和进口设备项目的其他费用。包括：①应聘来华的外国工程技术人员的生活费和接待费；②为引进技术和进口设备项目派出人员到国外培训及设备材料检验所需的旅差费、生活费和服装费等；③国外设计及技术资料费、专利及技术保密费、延期或分期付款利息、进口设备材料检验费等；④建设项目在工程建成投产前。建设单位为国外引进的成套设备向保险公司投保建筑工程或安装工程所缴付的保险费。

(14)施工安全技术措施费。指矿井施工期间为保证井下工人安全生产所需要的安全设备和设施费用。

(15)供电贴费。指按国家规定建设项目应交付的供电工程贴费及施工临时用电贴费。

(16)勘察设计费。包括工程勘察设计费及井筒地质检查钻探费。工程勘察设计费是委托设计单位为建设项目进行可行性研究和各阶段设计支付的费用；井筒地质检查钻探费是建设项目在井筒开工前，为探明井筒位置的地质及水文情况发生的费用。

(17)凿井措施工程费。为矿井建设施工服务的特殊凿井及建井提升、排水等发生的工程费用。它包括：①冻结、钻井、帷幕、沉井、地面预注浆等特殊凿井所需的临时生产性建筑安装工程费；②提升、排水、通风、压风、运输、照明、供电、供热等辅助施工系统的临时性、半永久性建筑工程，和临时性设备、设施的安装及拆卸费用；③矿井施工所需的“四通一平”(指接通场外公路、通讯线路、输电线路、输水管路及工业场地平整)临时工程费；④井筒提升和悬吊用的第一根钢丝绳和立井开拓巷道期第一根罐道绳的购置费；⑤冻结施工第一次充氨和融化氯化钙的费用；⑥凿井施工设备、设施的进出场运输费。

预备费 在编制建设项目设计任务书(可行性研究)投资估算和初步设计概算中，难以预料而在建设过程中可能发生的工程和费用，以及由于物价上涨所发生的价差。预备费分为工程预备费和价差预备费两项。

工程预备费的使用范围包括：①设计局部变更和修改；②局部工程变更；③材料代用；④基础加深、片帮冒顶等隐蔽工程；⑤井巷施工措施工程量的增加；⑥地质原因引起的巷道返修，井巷施工中的探放水、探放瓦斯、探煤层，以及井下涌水量的变化、工作面注浆等所发生的费用；⑦临时性停水、停电所发生的损失费；⑧实行预算加系数包干的施工工程，按规定计取的预算包干费等。

价差预备费的使用范围包括：①设备、材料价格上涨及工资上升所发生的价差；②土地征用费、青苗赔偿费、迁村费等工程建设其他费用上涨所发生的超概算差额；③各项有关规定的费用标准变化所发生的差额等。

矿井建设总投资的确定 矿井建设总投资是按矿井基本建设程序中各个建设阶段的不同要求确定的，一般分为：可行性研究阶段项目总投资估算；初步设计阶段设计总概算；矿井建设阶段工程总决(结)算。①总投资估算是根据矿井建设项目可行性研究报告的内容，对设计投资总额的测算。项目总投资估算的精确度将直接影响项目经济评价结果和项目的取舍，是项目可行性研究中一项重要工作。中国对项目总投资估算

的精确度尚无统一规定，但需起到作为建设项目工程造价最高限额的作用。估算总投资由基建投资和流动资金两部分构成，其中基建投资又分为含建设期利息与不含建设期利息两种。②设计总概算是根据矿井建设项目初步设计内容，确定建设项目从筹建到竣工验收的全部建设费用，即矿井概算总投资额的文件。它是控制建设项目拨款总额或确定贷款总额以及作为项目招标标底的依据。③工程总决（结）算，即建设成本，是指建成一个矿井所发生的货币支出总额，也是矿井建设的实际总投资。凡与该建设项目有直接联系的费用，都应列入实际总投资内。工程总决算是考核建设单位对设计总概算执行情况和衡量基本建设投资节约与否的一个重要标志。

根据国家要求，要在矿井建设的全过程中保证结算、概算总投资起到层层控制的作用。批准的设计任务书（或可行性研究）及投资估算要控制初步设计及总概算；批准的初步设计及总概算要控制施工图设计及预算；最终落实到控制矿井建设的实际建设成本，以节约建设资金。

矿井建设总投资的计算范围 一般包括矿井从筹建到全部建成的各项工程和费用。分期建设的矿井，需分别计算各建设期内的投资额。与其他建设项目共用的工程，要按相应的比例分摊该共用工程的投资额。矿井设坑口选煤厂时，根据现行规定，原煤出井口后的地面输煤、储煤、装车系统及铁路站线均属选煤厂；居住区的家属住宅及单身宿舍，矿井与选煤厂分别按其使用面积计列投资，其公共建筑全部列入矿井投资。

矿井建设吨煤投资 是矿井按年设计生产能力中的单位生产能力所投入的基本建设投资额，它是矿井建设中一项重要指标，其计算公式为：

$$\text{吨煤投资}=\frac{\text{矿井建设总投资}}{\text{矿井设计年生产能力}}，\ 元/t$$

吨煤投资用于矿井建设分析、对比和统计等工作，如：对比、分析不同建设时期矿井建设投资的增长率；矿井井型对矿井建设投资的影响；不同地区及煤层、地质条件对矿井建设投资的影响程度等。

矿井经济评价 是矿井可行性研究的重要内容之一，任务是在完成技术上可行性研究的基础上对拟建矿井投入产出的各种经济因素进行调查、研究、预测、计算及论证，正确反映矿井建设的经济效益，做出全面的经济评价，为项目决策提供科学的依据。

项目经济评价是新兴科学。中国在20世纪80年代初引进了联合国工业发展组织（United Nation Industrial Development Organization，UNIDO）出版的《工业可行性研究手册》（Manual For The Preparation Of Industrial Feasibility Studies）等可行性研究方法，项目经济评价工作有了比较系统的开展。1987年国家计划委员会颁发了《建设项目经济评价方法与参数》，为开展经济评价工作规定了统一的内容、方法及有关评价参数。在上述规定的基础上，1991年能源部又颁发了《煤炭工业建设项目经济评价方法实施细则》作为编制煤炭工业建设项目经济评价的统一准则。矿井经济评价内容及方法包括矿井财务评价、矿井国民经济评价及不确定性分析三部分。

矿井财务评价 根据国家现行财税制度和现行价格，分析测算项目的效益和费用，考察项目的获利能力、清偿能力及外汇效益等财务状况，判别建设矿井财务上的可行性。

矿井建设项目进行财务评价前，要对矿井投资、流动资金、资金筹措、原煤总成本、销售收入、税金和基金及其他投入产出等主要评价基础数据进行测算确定。

（1）投资。对矿井建设项目投资总额的测算。估算精度直接影响项目经济评价的结果和项目的取舍，是矿井经济评价的一项主要工作。总投资由基建投资（固定资产投资）和流动资金两部分构成，它依据煤炭主管部门颁发的有关投资估算办法及估算（或概算）指标进行编制，投资范围及表格形式与设计概算类同。基建投资中需计算固定资产投资方向调节税及建设期内贷款利息，矿井建成投产经营时，形成固定资产、无形资产和递延资产三部分。投资后的基建投资贷款利息计入企业生产成本。

（2）流动资金。对煤矿生产中用于原材料、燃料、动力、支付工资及管理费等资金的测算。流动资金是企业生产经营活动中供周转使用的资金，即流动资产减流动负债。煤矿企业的流动资产包括应收帐款、库存材料（原料、材料、燃料、配件、备品、备件等）、库存产品及现金。流动负债主要指应付帐款。

按流动资金在再生产过程中的作用，分为生产领域流动资金（包括储备资金和生产资金）和流通领域流动资金（包括成品资金、结算资金和货币资金）。流动资金的估算可按其在再生产过程中的各种占用形态（即储备资金、生产资金、成品资金等）分别测定。在矿井建设项目的可行性研究阶段，一般按经营成本和周转天数（即周期预测法）来估算流动资金，即按储备资金的平均储备天数及产成品定额日数，求得储备资金及产成品资金（定额流动资金部分）；非定额流动资金，按占定额流动资金的比例进行估算；两者之和即为全部流动资金需用量。

根据银行的有关规定，新建、扩建企业建成投产

时，必须有30%的铺底流动资金才能给予流动资金贷款。据此，新建矿井可按流动资金总需用额的30%作为自有流动资金，70%作为流动资金借款进行估算。

(3)资金筹措。在矿井经济评价之前，先要估算项目资金筹措的可能性，即建设项目的资金来源。中国建设项目资金来源主要有银行贷款、自筹资金和自有资金等。

(4)原煤总成本。是矿井达到设计生产能力时原煤产品在生产过程中所消耗的费用总和，分为制造成本、管理费用、财务费用和销售费用。进行财务评价时，为便于计算，可按构成总成本的费用要素划分为材料费、工资、职工福利费、电力费、折旧费、摊销费、井巷工程费、地面塌陷赔偿费、修理费、利息及其它支出等科目。总成本扣除折旧费、井巷工程费、摊销费和贷款利息为经营成本。随产量增减比例增减的费用为变动成本，如提存的井巷工程费等；不随产量增减而增减的费用为固定成本，如折旧费、修理费等；成本中的材料费、工资、电力费、其他支出等费用科目属半变动成本，需视其在各个生产环节和生产过程中的费用性质，有的列入固定成本（如管理人员的工资），有的计入变动成本（如原煤生产中的直接材料费和直接人工工资）。

(5)销售收入。是出售矿井产品煤所得的收入，包括矿井投产后生产的各种产品煤，按煤炭质量规格计价及按市场实际售价或合同价计算的收入。在矿井可行性研究中，一般根据设计推荐的矿井规模和产品方案确定产品的销售量和销售价格。动力煤原煤一般按发热量计价；动力煤入洗，其原料煤可按灰分或发热量计价。

(6)税金和基金。指矿井建设项目需缴纳的税金和基金，根据中国税务等部门的有关规定，主要包括增值税、营业税、城市维护建设税、资源税、所得税、教育费附加、国家能源交通重点建设基金、国家预算调节基金等。

(7)其他。包括：①营业外净支出，即营业外收入减营业外支出（包括劳动保险费用、职工子弟学校经费、技术学校经费、三废治理、非常损失等），可参考实际资料，按吨煤指标计列；②企业留利，留利水平由主管部门会同财政部门核定；③偿还贷款资金和利息资金的来源，按国家规定，先用企业自有资金（主要指基本折旧基金，部分企业留存，部分用以归还贷款），然后用缴纳所得税前的利润；④固定资产再投资，主要用于固定资产更新改造（如采掘设备、综采综掘设备、洗选设备及其他通用设备等）和矿井的开拓延深（新建矿井在计算期内一般不发生）。

(8)评价指标。计算报表是财务评价使用的基本报表，包括财务现金流量表、损益表及资金来源与运用表等（见本卷“矿区建设技术经济”条）。

财务评价指标有财务内部收益率、投资回收期和固定资产投资借款偿还期等。产品出口创汇及替代进口节汇的项目，需计算财务外汇净现值、财务换汇和节汇成本等指标。根据企业财务盈利性分析的需要，也可计算财务净现值、财务净现值率、投资利润率、投资利税率等辅助指标。此外，还可计算一些其他价值指标或实物指标（见本卷“矿区建设技术经济”条）。

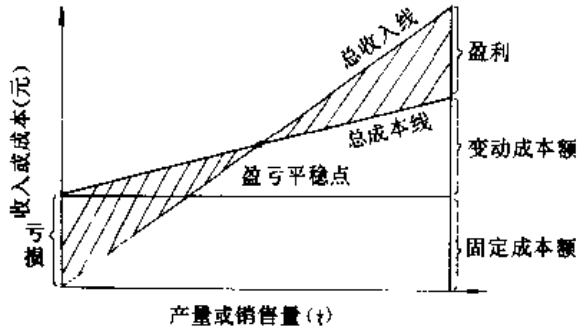
矿井国民经济评价 从国民经济整体角度考察矿井建设项目的经济效益。国民经济评价与煤矿企业的财务评价不同，前者是从整个国民经济的宏观角度分析和考察矿井建设项目的经济效益与社会效益，后者是从企业的角度分析和考察矿井建设项目的经济效益。

1987年中国国家计划委员会颁发的《建设项目经济评价方法与参数》规定：国民经济评价以“经济内部收益率”为主要评价指标，以“经济净现值”、“经济净现值率”和“投资净效益率”作为辅助指标。出口创汇和替代进口节汇项目，需增加“经济外汇净现值”和“经济换汇成本”两个外汇效果分析辅助指标。为了克服投资、产品价格、工资、汇率等对评价结果的影响，中国规定，国民经济评价需用影子价格、影子工资、影子汇率等计算项目给国民经济带来的净效益，并以社会折现率作为评价项目经济合理性的标准。国民经济评价所采用的通用参数，如社会折现率、影子价格、影子工资、影子汇率等，由国家有关部门组织测定、发布，并定期进行调整。国民经济评价需与财务评价同时进行，一般情况下，只有财务评价和国民经济评价都可行的项目才允许建设。当两种评价结果发生矛盾时，应以国民经济评价的结论考虑和决定项目的取舍。

不确定性分析 又称风险性分析。计算由于不确定因素变化对矿井建设项目投资收益的影响程度。在矿井建设项目可行性研究阶段，无论是财务评价还是国民经济评价，采用的数据多数来自预测和估算，因此，项目评价中包含着各种不确定因素。矿井建设项目主要不确定因素有投资、成本、销售、价格、产量及建设工期等。通过不确定性分析可以预测项目投资对这些不可预见的风险的抗冲击能力，从而考察项目投资的可靠性和稳定性，有利于对矿井建设项目作出科学的投资决策。不确定性分析分为盈亏平稳分析、敏感性分析和概率分析。

(1)盈亏平稳分析。根据矿井建设项目正常生产年份的原煤产量（销售量）、销售价格、固定成本、变动成本、税金等因素，确定项目的盈亏平稳点，通过盈亏

平稳点分析项目抗风险能力。盈亏平稳点又称保本点，指销售收入总额与销售产品总成本相等时，即企业不赔不赚时的销售量所在之处。在盈亏平稳分析图上，表现为总成本线与总收入线相交之点，见图。



盈亏平稳分析图

盈亏平稳点(BEP)可用产量或生产能力利用率来表示。其计算公式为：

$$\text{BEP}(\text{产量})=\frac{\text{年固定总成本}}{\text{单位产品价格}-\text{单位产品变动成本}-\text{单位产品销售税金}}$$

$$\text{BEP}(\text{生产能力利用率})=\frac{\text{BEP}(\text{产量})}{\text{设计生产能力}}\times 100\%$$

(2)敏感性分析。矿井建设项目在建设期和生产期的许多不确定因素中，测定其中一个或几个因素发生变化时，对项目净效益影响程度的分析方法。敏感性分析极为重要，尤其是在缺乏资料的情况下预测未来，可以弥补和缩小预测的误差。常用的敏感性分析是分析全部投资内部收益率指标对不确定因素的敏感程度。分析时应选定各因素发生变动的范围，可列表表示某种因素单独变化或多种因素同时变化引起的收益率变动幅度，亦可绘图说明。

(3)概率分析。应用概率论原理，研究不确定因素和风险因素对矿井建设项目经济评价影响的一种定量分析方法。由于它用概率论方法进行计算，分析结果在很大程度上取决于变量概率值的正确程度，因而需有经验丰富的专家推测拟用的数据。在项目可行性研究中，诸多因素不能肯定时，概率分析是一种较为科学的方法，一般是计算净现值期望值及净现值大于或等于零时的累计概率，为项目的投资决策提供依据。

净现值期望值是以概率为权数，计算出来的各种不同情况下净现值的加权平均值。其计算公式为：$E(x)=\sum_{i=1}^{n}X_iP_i$。式中$E(X)$为变量$X$的期望值；$P_i$为对应所出现变量$X_i$的概率值；$X_i$为随机变量的各种取值（在这里为净现值）。

在进行不确定性分析时，为了计算累计概率大于或等于零时的概率，需要编制净现值累计概率表。假定在计算净现值期望值时，各因素发生的可能性和净现值见表1。

根据上述数据即可整理编制净现值累计概率表，以求净现值大于或等于零时的概率，见表2。

表1 诸因素发生的可能性和净现值

发生的可能性	净现值（亿元）	发生的可能性	净现值（亿元）
0.06	−4.74	0.10	7.39
0.10	−2.22	0.09	9.41
0.04	0.32	0.15	11.93
0.15	2.34	0.06	14.46
0.25	4.86		

表2 净现值累计概率表

净现值（亿元）	累计概率	净现值（亿元）	累计概率
−4.74	0.06	7.39	0.70
−2.22	0.16	9.41	0.79
0.32	0.20	11.93	0.94
2.34	0.35	14.46	1
4.86	0.60		

按表2，净现值大于或等于零的概率P（NPV≥0）为1−0.16=0.84。说明有一定的抗风险能力，概率越高，说明抗风险能力越大，反之，则越小。

矿井建设主要技术经济指标 表明矿井建设对煤炭资源的利用程度、建井所需的建设工程数量、投入量（资金、劳动力、原材料、设备等）和投资效果。它是综合反映矿井建设及生产的技术水平、管理水平和经济效益的主要指标，是各部门对矿井建设生产活动进行技术经济分析的重要内容，它为矿井建设可行性研究和投资的科学决策提供鉴别优劣的依据。

矿井可行性研究报告及初步设计文件中，需列出的主要技术经济指标的名称、单位及数值一般有41项。(1)矿井设计生产能力。(2)矿井服务年限。(3)矿井设计工作制度。(4)煤质。(5)储量。(6)煤层：可采煤层数、可采煤层总厚度（m）、煤层倾角及煤的容重（相对密度）(t/m³)。(7)井田范围；(8)开拓方式。(9)水平数目。(10)井筒类型及长度。(11)采区个数。(12)回采工作面个数及总长度。(13)回采工作面年进度（m）。(14)采煤方法。(15)顶板管理方法。(16)掘进工作面个数及机械化装备。(17)井巷工程总

量。(18) 井下大巷运输。(19) 提升：主、副井提升设备及容器。(20) 通风；(21) 排水；(22) 压缩空气。(23) 地面生产系统。(24) 供电。(25) 供水。(26) 锅炉型号及台数。(27) 标准轨铁路长度。(28) 场外窄轨铁路长度 (km)。(29) 场外公路长度 (km)。(30) 建筑面积和体积。(31) 单眷比 (单身职工与带眷职工的比例)。(32) 矿井总占地面积 (公顷)。(33) 职工在籍总人数。(34) 劳动生产率。(35) 建设总投资 (万元)。(36) 吨煤投资 (元)。(37) 原煤生产成本 (元/t)。(38) 投资回收期 (年)。(39) 设备重量及三材消耗量。(40) 建井工期 (月)。(41) 移交生产至达到设计产量时间 (月)。

可行性研究报告中，还需包括财务评价及国民经济评价指标内容：①财务评价指标包括财务内部收益率 (%)、财务净现值 (万元)、投资利润率 (%)、投资利税率 (%)、财务计算年度内平均原煤销售价格 (元/t)、动态总投资 (现价万元)、动态吨煤投资 (现价元)、财务计算年度 (年)；②国民经济评价指标包括经济内部收益率 (%)、经济净现值 (万元)、经济净现值率 (%)。

参考书目

《煤炭建设工程造价管理办法》，煤炭出版社，1991。

《建设项目经济评价方法与参数》(第二版)，1993。

《建设工业建设项目经济评价方法实施细则》，1991。

刘国恒主编，《可行性研究辞典》，学术期刊出版社，1989。

(徐家胜)

kuangjing jianshe shigong shunxu

矿井建设施工顺序 (mine construction plan)

矿井建设各工程项目或工序之间施工次序的排列，它主要以时间的先后来表示。合理安排矿井建设施工顺序可以缩短建井工期。优化施工顺序的重点是控制矿井建设工期的关键线路及其关键工程。网络技术和计算机是优化施工顺序的重要手段。

施工顺序安排原则 ①充分利用时间与空间，合理组织地质、设计与施工之间，前期工作、准备阶段、施工阶段、投产与达产之间，内部与外部、主体与配套、生产与生活、井下与地面之间，矿建、土建、安装三类工程之间等方面的协调和平行交叉施工。②在提高经济效益的前提下，按照配套工程先于主体、生活设施先于生产、地面工程先于井下的建设顺序，做到四通一平(公路、电源、水源、通讯、平整场地) 与两堂一舍(食堂、澡堂、单身宿舍) 先行、环保绿化同步。③有利于矿井关键线路和矿井建设总工期的缩短。④尽可能做到劳动力、施工设备和周转材料的平衡。⑤利用永久建筑和设施建井，尽量减少大型临时工程。⑥工程安排做到四个优先(被利用的永久工程、工程量大工期长的关键工程、有安装任务的建筑工程、大型基础及地下工程)、三个不停(矿井建设关键线路、井筒装备提升、单位工程)、三个缓干(需要维护的采区煤巷、施工期间不用的井下机电设备安装，可作为劳动力平衡的工程)。

施工顺序安排的基本经验

(1) 公路、电源、水源、通讯和场地平整首先组织施工。场地平整应坚持先地下后地上、先平场修路后建筑、先井口后广场的施工顺序，并与地面建筑物施工顺序相协调。在平场的同时应完成地下管线、排水沟和场内干线工程，在填方量大的地段，应先完成建筑物基础，然后再填方。矿井“四通一平”工程已具备了场内全面施工条件后，应首先施工食堂、单身宿舍及浴室等必要的生活设施和提升、压风、排水、供电、通风、地面运输及排矸系统等生产设施。

(2) 占井口的准备工程应优先开始施工，如井筒冻结工程地面预注浆工程、井架、锁口、凿井设施的安装等。可采取定向钻进、凿井井架预组装平移等措施，缩短占用井口时间。

(3) 井筒开工顺序应以关键线路上两端的井筒先开工 (一般为主井与边界风井)。为使劳动力、施工设备和特殊施工准备时间的平衡，各井筒开工间隔时间一般以三个月为宜。

(4) 立井井筒到底后，应首先进行各井筒间的贯通，然后尽快安排好提升系统的临时改装和通风、排水、运输、供电等生产辅助系统，为井下全面施工创造条件。

(5) 为缩短井巷工程关键线路的工期，在经济合理的前提下可采取开凿施工井筒创造多头掘进的条件，或利用邻近矿井提前布置采区或其它巷道。两翼风井布置的矿井，可采取施工井巷工程关键线路的同时，提前掘进采区巷道，但通风、运输、提升系统必须能适应多头掘进的要求，确保安全施工。在低沼气、煤质较硬、围岩稳定的矿井，可考虑以煤巷代替岩巷或先掘煤巷后掘岩巷的施工顺序，以加快掘进速度或创造多头掘进的条件。

(6) 工业场地内如设有主、副、风三个井筒而风井临时改装后能力又能满足井下提升的需要，则可考虑：①主、副井筒同时进行装备或相差一个单位工程工期后同时装备；②主井井筒先掘至运输水平后即转入平巷施工贯通巷道，两井贯通后，再继续掘进下段井筒，以缩短矿井关键线路的工期。

(7) 在立井开拓的矿井中，控制矿井建设工期的关

键线路往往包含着井筒交替装备。为此当井筒到底后，在抓井巷关键线路施工的同时，一定要抓紧井筒交替装备。

(8) 当工业场地只有主、副井筒时，两井到底后，主井先进行临时改绞，然后副井进行永久装备形成永久提升系统后，最后进行主井永久装备。

(9) 当副井利用永久井塔(架)凿井时，可采取两次装备的施工顺序：即井筒贯通后主(风)井井底设大矸石仓，继续维持大吊桶提升。当副井永久装备完成后即进行主井永久装备。在井筒装备施工中，可采用矿建、土建、安装三类工程立体平行交叉作业。

(10) 矿井的主要配套工程：选煤厂，一般应于矿井投产前6个月建成运行，如矿井具有提前出煤条件，也可考虑提前建设；铁路专用线可视矿井建设条件及经济效益进行安排，一般应在矿井首采区第一个工作面安装前建成。

(蒋学乐　崔增祁)

kuangjing jingta jiegou shigong

矿井井塔结构施工　(construction of shaft tower)　按照设计要求建造矿井井塔的施工技术和施工组织的泛称。井塔是煤矿安装塔式摩擦式提升机的地面构筑物，是地上与地下联结的枢纽，是矿井建设主要矛盾线上的关键单位工程。加快施工进度、缩短占用井口时间是井塔结构施工的关键。

中国煤矿井塔多为钢筋混凝土框筒结构，具有一般高层建筑结构特点，由于它外廓尺寸小(一般为160～260m²)、体量大(4000～7000m³)、层少梁多、钢筋及预埋件密、各层结构平面布置不尽一致、最上一层(绞车大厅)多有外挑塔壁等结构特征，使其施工工艺具有自身的特殊性。

井塔结构施工主要包括基础、塔身、绞车大厅三大部分。

基础施工　井塔基础有倒锥(方)台井颈基础、筏式基础、箱形基础等多种形式，其施工方法一般为小井疏干法降水，大开挖后进行常规施工。

塔身施工　按塔壁施工方法可分为滑模施工、大模板施工、爬模施工、倒板施工等。平台施工可与塔壁施工同步或异步进行，分常规施工、吊挂施工、降模施工、吊挂预制模板施工等方法。

滑模施工　中国在60年代末期将滑模施工技术引入井塔结构施工之中，根据井塔结构的特点，在井塔滑模机具设计与布置时逐步解决了高空外扩、滑升阻力过大及跟滑预埋等特殊问题，逐步形成了具有井塔自身特点的全滑施工法、滑一打一施工法、滑框倒模施工法等。

(1) 全滑施工法　是将塔壁、内框架柱、平台主次梁及绞车大厅悬挑塔壁全部采用滑模进行施工。主要施工环节为：①测量定位、组装模板滑模机具和操作平台，悬挑绞车大厅模板有在地面预组装和高空二次组装两种方案；②滑升作业大致同于一般的滑模施工工艺，平台结构施工采用常规模板施工或吊挂模板施工，或在塔壁滑模完毕后进行降模施工，即将滑模施工操作平台由上而下逐层下降以施工各层平台；③滑升至绞车大厅后停止滑模，组织绞车大厅平台施工；④改装滑模机具，再进行上部结构滑模施工，直至屋面结构施工完毕，拆除滑模机具。

(2) 滑一打一施工法　是滑模施工完一层塔壁(柱)，随后进行该层平台结构施工，即将塔壁连续滑模施工方式，改变为滑模——平台——滑模——平台的分层并进的作业方式，其平台施工常采用吊挂模板施工法或吊挂预制模板施工法。

"滑一打一"方案设计时，必需对空滑时在自重、施工荷载和风荷载共同作用下的施工平台稳定性进行验算。为加强空滑时平台的稳定性，一般应使塔壁外侧模板稍长于内侧模板(其差值应大于平台楼板的厚度)，使其在空滑时能箍紧已经浇灌的塔壁。空滑前，还应对支承杆进行必要的加固。

(3) 滑框倒模施工法　是将滑模系统中的围圈与模板分离，而在其间设固定于围圈上的滑道，整个系统沿滑道随提升架滑升时，滑道与塔壁模板之间产生相对滑动，模板依靠与混凝土粘结力而滞留原位。底层模板露出滑道后拆除，传递到上层模板位置安装，并继续浇灌混凝土，然后提升架再滑升，拆除、安装模板，浇灌混凝土，反复循环施工至平台标高，拆除模板，进行平台结构施工。滑框倒模结构中，一般在滑道内安装2～5层横置模板(模板宽度在300～600mm)，滑道高度控制在900～1200mm之间。模板与滑道之间临时固定，滑升中按模板宽度分层浇筑混凝土。

滑框倒模因改变了滑模时模板与混凝土直接摩擦的方式，因而有利于保证混凝土出模质量；又因滑升时摩擦阻力的减少，从而使滑模构造简化，降低了钢材消耗，减少了液压千斤顶的数量，同时也克服了滑模施工人力过于集中的弊病。

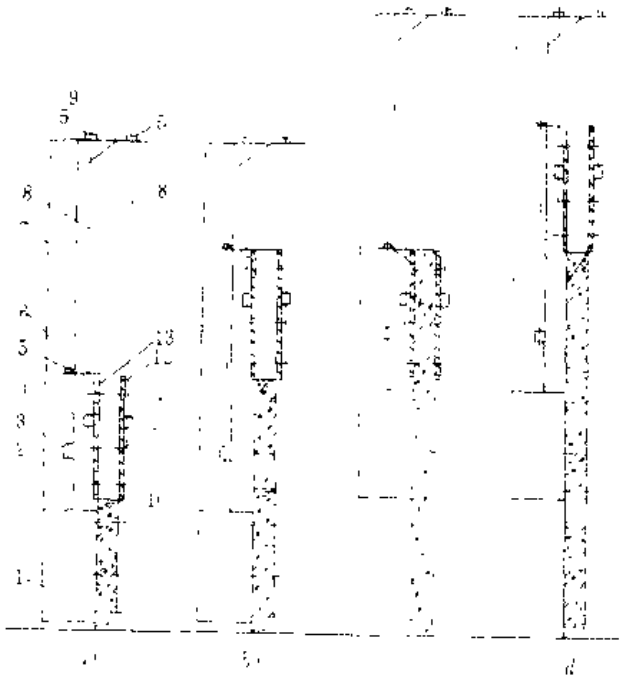
大模板施工　20世纪70年代中期，中国为寻求井塔施工的最佳效益和向多元化发展，依照不同的施工条件，发展了大模板的施工技术。大模板即工具式大型模板，是将墙壁模板的面板、支撑、操作平台连成一体，利用机械进行整体装、拆和周转的墙体施工的专用模板。井塔结构采用大模板施工时，常将一个楼层划分

为一个施工段，形成一个楼层整体一次浇筑的施工方案。施工程序是：①安装内大模板，并和支撑在井塔内框架梁底的四角顶柱连成整体；②绑扎塔壁钢筋；③将组装好的外大模板吊装就位，穿套管和拉结螺栓，连结好内外大模板；④组装梁、板模板，绑扎梁、板钢筋；⑤检查模板尺寸及配筋；⑥浇筑塔壁、柱、梁和楼板混凝土；⑦拆除下一层模板及整修。

大模板施工要点：①由于井塔的各层层高不尽一致，进行合理的模板设计，方可有效地解决好塔壁模板与内框架、柱、梁板模板的关系，减少投入费用，加快施工速度；②由于一个楼层整体浇筑，混凝土宜泵送，长软轴插入式振捣器振捣；③由于大模板尺寸和重量大，装、拆吊运频繁，必须严防高空坠落和零星配件从高空散落。

爬模施工 70年代中期开始研究使用爬模工艺，中国于1984年应用于淮南潘集二矿副井井塔施工中。

爬模施工程序如图所示，其工艺的基本程序如下：



爬模施工示意图

a—安装爬模体系、浇筑第二板混凝土；
b—爬升外、内大模板，浇筑第三板混凝土；
c—爬升爬架；*d*—爬升外、内大模板，浇筑第四板混凝土
1—爬架；2—爬架的支承杆；3—爬架上的千斤顶；
4—大模板上的千斤顶；5—微调机构；
6—大模板顶部悬臂梁；7—支承架；
8—大模板的支承杆；9—爬架顶部悬挑梁；
10—附墙螺栓；11—穿墙螺栓；
12—内大模板；13—外大模板

①井塔基础上部的第一层壁板混凝土采用常规施工，第一层模板拆除后，将爬架用附墙螺栓固定在第一层混凝土塔壁上，然后吊装外大模板，绑扎钢筋，再安装内大模板，浇筑混凝土，见图*a*。②待第二层混凝土强度达到10～20MPa后，先将爬架的支承杆抽掉（解除对模板的约束），拆除固定内、外大模板的穿墙螺栓，用丝杠使内、外模松开，操纵液压系统，使外模先爬升到要求的高度，找正固定后，绑扎、焊接塔壁和壁柱钢筋、安设预埋件及预留洞，再爬升内模至要求的位置，用带套管的穿墙螺栓使内、外模固定牢靠，经全面检查后，浇筑第三板混凝土见图*b*。③第三层混凝土强度达到需要的强度后，先将模板的支承杆抽掉，将爬架的支承杆下端插入爬架内的千斤顶内，其上端固定在外模背面悬臂梁上的微调座内，再拆除固定爬架的附墙螺栓，操纵液压系统使爬架上爬至已拆模的第二层塔壁的相对位置，找正后利用附墙螺栓将其固定。同时处理好混凝土施工缝，见图*c*。④此后按照起外模→爬升外模板→绑扎钢筋→爬升内模→浇筑混凝土→爬升爬架的顺序循环施工。

绞车大厅及屋面结构施工 由于绞车大厅梁的断面尺寸很大（最大1100mm×2800mm），预埋件要求精度高，所以多采用劲性骨架二次浇筑施工。对于外悬挑梁、板一般采用劲性骨架吊挂施工。

井塔屋面结构形式有梁、板式结构，钢屋架结构，网架结构。梁、板式结构可利用滑模施工平台施工。钢屋架一般采用机械常规安装或利用钢屋架本身在地面上组装成滑模施工承重平台，高空降模就位。网架结构多采用预组——高空降模就位法施工。

（白景荣　岳　瑜　李仁志）

kuangjing jingxing

矿井井型 （mine production scale） 按矿井设计生产能力大小划分的矿井类型。一般分大型、中型、小型矿井三种，中国《煤炭工业矿井设计规范》（GB50215—94）规定为：大型矿井1.2Mt/a、1.5Mt/a、1.8Mt/a、2.4Mt/a、3.0Mt/a、4.0Mt/a、5.0Mt/a、6.0Mt/a及以上；中型矿井0.45Mt/a、0.6Mt/a、0.9Mt/a；小型矿井0.3Mt/a及以下。新井设计，按规定不再出现上述的中间井型。合理确定矿井井型对充分利用煤炭资源满足经济建设需要和发挥投资效益具有重要意义。

矿井井型的划分便于计划、管理和设计有关指标的规定和划分，如矿井技术装备、劳动效率、占地及辅助设施指标等均按大、中、小井型确定。

矿定井型的确定原则与方法 确定矿井井型时，

要从地质条件、国民经济发展需要、技术装备和管理水平出发，充分考虑科技进步等因素，依照投资少、出煤快、经济效益好的原则确定。

大型矿井技术装备水平高、生产集中、劳动生产率高、成本低、经济效益好、服务时间长，能长期稳定供应煤炭，是煤炭工业的骨干矿井，但是大型矿井工程量大、建设期长、技术要求高、需成套重型设备、投资大、生产管理复杂。小型矿井工程量小、建设期短、初期投资少、技术装备简单、投产达产快，但生产分散、劳动生产率低、吨煤成本较高、经济效益低。大型和小型矿井各自适应不同矿山地质条件和开采技术条件，在确定矿井井型时，要因地制宜，经方案比较和技术经济综合分析合理确定。

确定井型时有以下四种：①储量丰富、地质构造和水文条件简单、煤层生产能力大、开采条件好的井田，应建设大型矿井；②储量丰富、开采条件较好、煤层埋藏较深、表土层厚。井筒需要特殊凿井施工时，宜建设大型矿井；③煤层赋存不稳定、储量不够丰富或储量丰富但煤层较薄开采条件较差的井田，宜建设中小型矿井；④矿井与第一水平服务年限需符合相应规定。井型确定过小，矿井服务年限过长，大量煤炭资源积压不能满足国家对煤炭需求；井型确定过大，会造成矿井长期达不到设计能力，生产接替紧张，服务年限过短。中国《煤炭工业矿井设计规范》对不同井型的矿井服务年限及第一水平的服务年限均有规定（见本卷"矿井服务年限"）。

发展及现状 随着社会经济和科学技术的发展，矿井井型趋向于增大，以求得生产集中化和规模效益。20世纪50年代至70年代，中国大型矿井的井型下限是0.9Mt/a，80年代大型矿井下限是1.2Mt/a。1981～1985年，中国国营重点煤矿建成投产矿井的平均设计生产能力为0.768Mt/a，1986～1990年投产矿井平均生产能力1.36Mt/a，1991～1995年规划投产新井38处，总设计生产能力85.7Mt/a，平均生产能力为2.23Mt/a。80年代以来，中国设计井建成一批现代化大型矿井，见下表。

中国主要大型矿井特征表

矿区、矿井名称	兖州矿区					神府矿区	淮南矿区		阳泉矿区	大同矿区	开滦矿区	潞安矿区	晋城矿区
	兴隆庄矿井	鲍店矿井	东滩矿井	济宁二号井	济宁三号井	大柳塔矿井	潘集一号井	潘集三号井	贵石沟矿井	四台沟矿井	赵家营矿井	常村矿井	成庄矿井
规模（万t）	300	300	400	400	500	600	300	300	400	400	400	400	500

世界主要采煤国家中，平均矿井井型最大的是德国和波兰，分别为2.234Mt/a和2.971Mt/a。联邦德国1960年到1980年期间综合机械化采煤的比重加大、矿井生产向集中化发展，井型不断扩大，年产1.8Mt以上矿井的产量比重由25.4%提高到73.4%，体现了煤矿矿井向综合机械化、大型化发展的趋向。

（贾悦谦）

kuangjing kaigong

矿井开工 （mine construction start） 施工准备已具备连续作业井能顺利施工的条件，由施工准备期转为施工期的时刻。矿井开工日期的明确标志是矿井建设关键线路（决定矿井建设最短总工期的，只能按顺序施工的线路。）上任何一个井筒破土（或露天矿开始拉沟剥离）。矿井开工在具备下述各种条件后，由建设单位（业主）根据国家有关规定办理报批或备案手续。

（1）已列入批准的年度基建计划。

（2）有批准的初步设计（含总概算和设备清册）、施工组织设计、项目组织设计。

（3）项目管理组织机构已建立，项目经理已经确定。

（4）通过招标确定了施工、主要设备采供、总承包、监理单位，并签订合同。

（5）与设计单位签订了施工图供应合同。

（6）完成了环境影响报告书（表）的审批。

（7）完成了征地、拆迁、四通（公路、电源、水源、通讯）一平（平整场地）、工业广场供热、供电、上下水及通讯干线、干道等准备，且具有可供施工单位利用的职工住宅、食堂、浴室等永久建筑和生活设施。

（8）完成了井筒开工必须的提升、运输、通风、排矸、压风、机修等工业设施的安装。

（9）资金来源已经落实。

（10）与地方及有关部门签订了生活物资、给水排水、供电用电、邮电通讯、交通运输、环境保护、安全消防等协议（合同），并领取了施工执照。

（11）涉外项目已完成合同规定的开工前必须做

好的工作。

(12) 审计部门已完成审计并出具同意开工的文件。

(张志德 崔增祁)

kuangjing kaituo sheji

矿井开拓设计 (mine development design)

为选择矿井开拓方案及确定有关参数而进行的设计。矿井开拓主要指由地表进入煤层的井巷布置，目的是使矿井生产期开采、掘进、运输、提升、通风、排水和动力供应等系统能高效正常地运行。矿井开拓设计关系到整个矿井的基建投资、建设和达产工期，以及投产后的生产技术面貌、安全状况、经济效益和长远的发展前景。

开拓设计内容 一般包括开拓方式、井筒位置、井筒数量、开采水平划分、主要巷道布置及开采顺序等内容，它们之间又有着密切的联系，在设计中要综合考虑。

开拓方式(又称井筒开拓形式) 按井田地质和地貌条件可以有平硐开拓、斜井开拓、立井开拓和综合开拓方式。

(1) 平硐开拓。当煤层埋藏在山区或丘陵地带，在地表能以水平巷道直达(接近)煤层时应优先选择平硐开拓或以平硐为主的开拓方式。其优点是便于施工，建设工期短，投资少；生产时运输、排水、通风简单，生产费用低。

(2) 斜井开拓。当煤层赋存较浅，表土层不厚且水文地质条件较简单，可优先采用斜井开拓方式。它与立井开拓相比，施工简单、投资少、建设工期短。由于带式输送设备与技术的迅速发展，因而斜井开拓有扩大应用的趋势。

(3) 立井开拓。煤层赋存深、表土层厚，宜采用立井开拓。当水文地质条件复杂时，立井开拓常是技术、经济可行的开拓方式。多水平开采的急倾斜煤层，应优先考虑立井开拓。

(4)综合开拓。当地质条件适合于上述两种或三种开拓方式时，经过方案比较可采用综合开拓方式，如平硐和斜井(或立井)综合开拓，斜井和立井综合开拓。国内外许多大型矿井采用斜井和立井联合开拓，斜井装备大能力带式输送机运煤，立井作辅助提升，取得了很好的经济效益。

井筒位置 在比较、选择开拓方式及井筒数量的同时，要根据井下和地面条件正确地选择井口位置。

井下条件应考虑以下因素：①根据开拓方式及开采水平划分，使井筒位置有利于开发第一水平和各采区的正常接续及矿井各水平的接替；②为使运输费用最省和保持两翼均衡生产，井筒沿走向应在井田储量的等分线上或其附近，沿倾斜要尽量减少通向煤层石门的总长度，尤其是第一水平通向主要开采煤层的石门长度；③为缩短建设工期和迅速达产，井口位置要靠近开采条件好的投产采区；④井筒应尽量避开或少穿过地质及水文地质条件复杂的地层，如厚冲积层、含水砂层、强含水层、采空区、断层或构造破碎带、有煤和瓦斯突出危险的地层等。同时应将井底车场置于稳定无水的岩层中；⑤尽量减少井筒及其工业场地煤柱煤量，特别是少压或不压前期开采条件好的煤层；⑥风井位置应满足开拓方式、通风、安全和快速建井的要求，因此风井位置应靠近投产采区，以利提前开工，缩短建设工期，节约投资、尽快发挥投资效益。

地面条件应考虑以下因素：①井口位置附近应有较为平坦的足够场地，山区丘陵地带要充分利用地形布置地面生产系统，尽量减少土石方工程量；②地面有洪水内涝时，尽量选在危害最小的地区，附近有河流或水库(特别是井口位于其下游方向)时，要能避免破堤毁坝后的安全威胁；③井口要避开有滑坡、岩崩、雪崩、泥石流、流砂等危险影响的区域，工业场地要在没有砂土液化等不良工程地质的地域，多地震、强震地区，工程地质尤为重要；④井口位置要与矿区总体设计规划的矿区运输、供电、水源、居住区、辅助企业等布局相协调，使之有利生产、方便生活；⑤井口工业场地要少占或不占良田，并要满足环境保护的要求。

影响选择井口位置的因素较多，需要综合考虑。对每一个具体矿井，需要详细掌握各种资料，通过技术经济比较作出抉择。

井筒数量 一个矿井可以采用两个井筒、三个井筒或多井筒开拓。

(1)两个井筒。主井提煤和回风，副井担负升降人员、材料、设备、矸石等辅助作业和进风。这种方式井筒工程量少、投资省，但漏风大、通风费用大。一般用于低瓦斯的中小型矿井。

(2) 三个井筒。主井提煤，副井辅助提升并进风，风井回风。克服了两个井筒通风方面的缺点。在建设期间可利用风井与主副井对头掘进，缩短建井工期。大型矿井及瓦斯涌出量较大的矿井多采用此种方式。

(3)多井筒。一般是采用多风井开拓。一种是通风需要，除主、副井外，开凿多个风井，如两翼采区通风路线长或瓦斯很大时，根据通风方案确定风井数目；另一种是为加速矿井建设又有利于通风，在煤层离地表很浅时，多打风井；再一种是分区开拓的需要，在一个面积很大的井田建设特大型矿井，采用分区开拓时就

需要多井筒，例如英国赛尔比煤矿，年产商品煤1000万t，井田面积250km²，除中部设有两个带式输送机集中运出全矿井煤的斜井，全井田划分为五个分矿，每个分矿有两个井筒，担负辅助提升和通风的任务。

开采水平划分 当煤层赋存为倾斜状态时，一般由浅部向深部开采，按照预先划分的水平（阶段）逐渐发展。当煤层赋存为水平或近水平（极缓倾斜），则用单一水平开拓。当极缓倾斜煤层群的煤层间垂距较大时，上组煤为第一开采水平，然后开采下组煤设立新水平。

开采水平指运输大巷及井底车场所在的水平位置及所服务的开采范围。它的倾斜长度（或阶段垂直高度），在不同时期，国家批准的设计规范都有规定。随着技术进步，特别是倾斜运输设备的发展，水平的倾斜长度（或垂直高度）都呈不断增大的趋势。

设置开采水平是以足够的煤炭储量和保证水平必需的服务年限为重要条件，尤其是第一水平规定的服务年限必需保证，使矿井投产后能长期稳定生产和保证转入下水平所需要的准备时间。当开采条件好、设备先进、投产后有较大增产潜力的矿井，计算的水平服务年限应更长一些。中国《煤炭工业矿井设计规范》(GB50215—94) 对水平服务年限有所规定。

为增大水平服务年限，近年来，对缓倾斜煤层采用一个水平上、下山开采，以开拓下山加大水平服务年限的方法被广泛应用。一般煤层倾角在16°以下（或开拓的岩石下山倾角在16°以下）用带式输送机运煤时，采用一个水平上下山开拓最为有利。当涌水量很大时，应集中设置上下山排水设施。若因地质构造变化大而使水平的某一局部垂高过大或倾斜过长造成开采运输工作困难时，可增设中间水平。

主要巷道布置 主要巷道系指连结井底车场和采区的主要运输巷道和总回风巷道。主要运输巷道连结主、副井井底车场与采区，为整个开采水平或阶段运输服务的水平巷道也用于进风、排水及敷设管线等。当采用矿车运煤时，一般为一条巷道；采用带式输送机运煤则为两条并行或一条（轨运合一）巷道。总回风道为风井井底和采区的连接巷道，为全矿井或矿井一翼服务的回风巷道，也用于辅助运输和敷设管线。

主要巷道的布置方式因煤层数目和煤层及其顶、底板岩层性质不同而异。单一煤层时，多将巷道布置在煤层中；对于自然发火倾向严重、有煤与瓦斯突出危险、煤层顶底板松软等情况时，主要巷道可布置在煤层底板稳定岩层中；大巷运煤采用带式输送机时，巷道应为直巷，可将部分或全部巷道布置在底板稳定岩石中；多煤层开采时，主要巷道可集中布置在煤层群底部稳定的岩层或煤层中，亦可将煤层群分组，在各组底部分设主要巷道，还可以每层煤各设主要巷道，用石门贯通。具体布置应根据煤层的赋存条件、走向长度、服务时间、煤质牌号、瓦斯突出或自然发火倾向严重程度、水患威胁等因素，结合开拓、运输、通风方式经方案比较后确定。总回风巷道的布置，应考虑煤层露头的变化、冲积层厚薄及含水情况、煤层开采及采动的影响等安全生产因素而定。

开采顺序 在研究确定开采水平划分的同时，应将第一水平各煤层划分为若干采区。第一水平采区开采顺序一般采用前进式。即从主、副井中央部位的采区向两翼井田边界方向逐步推进。在安排开采计划时要使两翼或分区（在分区域开拓时）生产均衡配置。在开采煤层群或多煤种时，要在不出现上下煤层压茬的条件下，使厚薄及层次合理搭配。

设计方法 矿井开拓设计方法有方案比较法、数学分析法、运筹学方法和电子计算机模拟。方案比较法是目前唯一实际应用的方法，数学分析法尚未能实际应用，统筹学方法和电子计算机模拟尚处于研究开发阶段。

方案比较法 是矿井开拓设计中最基本和最常用的方法，它可解决矿井开拓总体和局部设计中的各种设计问题。方案比较的核心是技术经济分析。通常是根据该井田的具体条件及经验，提出数个技术可行、安全可靠的开拓方案，进行技术分析和经济比较，从中选出最优者。其工作一般包括方案编制、技术分析和经济评价。

方案编制 一般按五个步骤进行：①分析矿井开拓设计所需的各种基础资料（精查地质资料，地面工程地质资料，矿区总体设计等）。②在认真分析资料的基础上提出技术可行、安全可靠的各种方案。③筛选方案。对技术上可行的若干方案进行分析研究，筛选出合理方案（一般不少于三个），并进行经济方面的计算和评价，衡量各方案在经济上的优劣。④综合审定。根据国家政策、市场情况、技术分析、经济指标等全面地衡量各方案的经济效益、社会效益和环境效益。通过专家集体评审，选出最优方案作为采用的主导方案。⑤主导方案确定后，需对每个分支的中、小方案进一步研究优化，使整体方案更加优化。

技术分析是决定开拓设计方案的技术基础。技术分析一般包括下述主要内容：①保证设计生产能力的可靠性和稳定性。初期能否迅速地达到设计能力；达产后是否能保持长期稳定的生产和增产；两翼能否均衡生产，厚薄煤层及各煤种的搭配；水平是否有足够的服务年限等。②有利于安全生产。在开拓方案中应充分

考虑到防水、防火、防瓦斯煤尘爆炸、防瓦斯突出以及高温热害处理。开拓系统要与通风系统统一考虑，保证生产安全可靠。③详细研究井巷穿过地层的地质水文条件，特别注意富水厚表土层、石灰岩或其他富水岩层、喀斯特溶洞、采空区、膨胀软岩或松散岩层及大的断裂构造。④排出各方案的建设总工期、达产时间和井巷工程量。⑤开拓方案要在矿井使用先进技术的基础上实行集中生产，以达到高效益。⑥井口应选在地形平坦，便于工业广场布置的地方，并有利于防洪、排涝，同时要避开可能的滑坡、岩崩、雪崩、泥石流等自然灾害的影响。工程地质要有利于防震、抗震，尽量避开砂土液化地带。⑦开拓布置要考虑初期不迁或少迁村庄，尽量少占地或不占良田。⑧少压煤、不压煤或少压开采条件好的煤，要保护国家规定的重要建筑物、构筑物不遭破坏，研究江河湖海下开采的可能性。⑨建矿地区环境保护的要求。⑩矿区总体设计（供电、供水、运输、居住区、辅助企业等）及其他外部条件的影响。⑪本区本矿特有的影响因素。以上诸因素直接或间接地对经济效益产生重大的影响，有的因素可以定量地表现为经济效益，有的虽然只能定性，但有时却是选择开拓方式的决定性因素。全面考虑和具体分析影响开拓方式的各种因素，找出一个或几个关键性因素，再配合经济比较就能合理地确定开拓方案。技术分析工作是任何用数学原理选择开拓方案的方法所不能代替的，只有在全面技术分析的基础上各种数学方法才能在其特定的范围内发挥应有的作用。

经济评价是在经过技术分析后，筛选出几个技术合理、安全可靠的方案，再进行经济评价（比较），最终选出技术经济都合理的主导方案。经济评价有不考虑时间价值的静态方法和考虑时间价值的动态方法。

(1) 静态方法。过去，国家对基本建设的投资不需企业偿还，煤炭价格也是国家规定的计划价格。因此，在方案的经济比较中，一般不考虑时间的因素，静态方法有总算法、返本期法、单位折算费用法三种。

总算法是把方案的基建投资和生产费用相加作为方案的总费用，以总费用的多少来评价方案优劣。总费用计算公式为：

$$C=K+C_0OT_c \tag{1}$$

式中 C 为总费用，元；K 为基本建设投资，元；C_0 为吨煤生产经营费用（即吨煤成本），元/吨；O 为年生产能力，吨/年；T_c 为矿井服务年限，年。

由于总算法未考虑投资和费用的时间因素，而矿井服务年限很长，故不能正确反映方案经济效益的优劣，在方案比较中早已不再使用。

返本期法（相对投资回收期）是在不计利息的条件下，两方案的投资差额用另一方案每年节约的生产经营费（年运行成本）去补偿，所需清偿的时间就是返本期。用返本期的长短来评价方案经济效果的优劣，计算公式为：

$$T=\frac{K_1-K_2}{C_2-C_1} \tag{2}$$

式中 T 为投资回收期，年；K_1、K_2 分别为第一、二方案的总投资额，元；C_1、C_2 分别为第一、二方案的年生产经营费，元。

煤炭工业部曾规定过标准投资回收期（T_0），当 $T<T_0$ 时，第一方案经济合理，$T>T_0$ 时，第二方案经济合理。若一个方案的总投资额和年生产经营费用都小于另一方案的相应值时，这个方案为最优方案。

单位折算费用法（年计算费用法）与返本期法实质相同，但对两个以上方案对比时，较返本期法简单，其计算公式为：

$$C_t=C_0+\frac{K}{T_0} \tag{3}$$

式中 C_t 为单位折算费用，元/吨；C_0 为吨煤生产经营费用，元/吨；K 为吨煤投资费用，元/吨；T_0 为标准投资回收期，年。

以单位折算费用最低者为最优方案。

(2) 动态方法。近年来，国家对煤矿基本建设实行贷款，企业要按期逐年偿还。静态方法已不能进行正确的经济评价。因此，在可行性研究和设计方案比较中已采用考虑时间价值的动态方法考虑资金的时间价值，可采用现值来评价方案的经济效益。方案动态比较有费用现值比较法和年费用比较法两种。

费用现值比较法。现值是指未来某一金额的现在价值，可用下式表示：

$$P=F\cdot\frac{1}{(1+i)^n} \tag{4}$$

式中 P 为现值；i 为利率；F 为终值；n 为期数。$\frac{1}{(1+i)^n}$ 称折现系数，用 $(P/F, i, t)$ 表示。将各方案的投资和年经营费用折算成现值（pw）进行比较，现值低的方案是经济有利的方案。其公式如下：

$$pw=\sum_{t=1}^{n}(I+C-S_v-W)_t\ (P/F, i, t) \tag{5}$$

式中 I 为全部投资；C 为年经营费用；S_v 为计算期末回收的固定资产余值；W 为计算期末回收的流动资金；$(P/F, i, t)$ 为折现系数；i 为基准收益率；n 为计算期。

年费用比较法又称年成本法。将各年投资的现值，加上计算期内各年经营费用的现值和扣除计算期末回收的固定资产余值及流动资金后再与资金回收系数相

乘所得的等额年费用（AC）——年平均成本。最低者为最优方案。计算期不同的方案宜采用此方法。计算公式为：

$$AC=\left[\sum_{t=1}^{n}(I+C'-S_v-W)_t\ (P/F,\ i,\ t)\right]\ (A/P,\ i,\ n) \qquad (6)$$

式中 $(A/P,\ i,\ n)=\frac{i\ (1+i)^n}{(1+n)^n-1}$ 为资金回收系数。其它符号与现值比较法同。

以上方法主要用于开拓方案的比较。若做矿井整体方案的全面经济比较，可采用净现值法和差额内部收益率法。

数学分析法（微分求极值法） 利用微分法求极值的原理确定矿井设计参数。首先列出目标函数（例如吨煤费用）和参变量（例如计算投资和生产费用的各参数）之间的函数关系式，然后利用微分法求极值，求得的极值即是经济上的最优值（例如吨煤费用最低）。

如求合理的采区长度（x），其吨煤费用（C_t）最低者为优。在采区各项费用中分成三类，一类费用随 x 增大而增大（$C_1=b_1x$），另一类费用随 x 增大而减少 $\left(C_2=\frac{b_2}{x}\right)$，还有一类费用与 x 的变化无关（$C_3=k$）。其最后函数式为：

$$f\ (x)=C_1+C_2+C_3=b_1x+\frac{b_2}{x}+k \qquad (7)$$

求极值：$f'\ (x)=0$

最优解：$x_0=\sqrt{\frac{b_2}{b_1}}$

式中 x_0 为合理采区走向长度；b_1、b_2 为系数；k 为常数。

参考书目

《煤矿矿井设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

国家计划委员会编，《建设项目经济评价方法与参数》，中国计划出版社，1987。

（何国纬）

kuangjing paishui xitong

矿井排水系统 （mine drainage system）

将矿井水由井下排至地面的全套设备和设施的整体。矿井在开采过程中涌出大量矿井水，沿水沟自流或用水泵排至大巷水沟井汇集至井底车场水仓，由水泵经管道排至地面。排水设备和设施主要包括水泵、动力设备、管路及水沟、水仓、水泵房等。

矿井涌水可以用矿井全年涌水量与矿井年产量之比的相对涌水量表示，但更多的是用矿井在单位时间内涌出的总水量即绝对涌水量（m^3/h）表示。设计中使用的是正常涌水量和最大涌水量（矿井开采期间，正常情况下矿井涌水量的高峰值），两者都是绝对涌水量。正常、最大涌水量是由矿井水文地质报告提供的。

矿井水在流动过程中不可避免要溶入、混入各种物质，特别是其中的固体悬浮物，如不处理，将加剧对排水设备的磨损，因此要求排水系统中必须有沉淀设施。通常矿井水的密度为 1015kg/m³，比清水略高。矿井水一般呈中性或碱性，其硬度决定于钙、镁化合物的含量，矿井水未经处理一般不可作为锅炉水、冷却水和饮用水。经 pH 值检验法测定，中国大部分矿井水呈中性。对于 pH 值低的酸性水，应进行处理并选用耐酸泵、耐酸管路及附件。

矿井排水方式 矿井排水系统主要可分为直接排水、分段（接力）排水和下放集中排水三种方式。

（1）直接排水是指矿井各水平的水，由各水平的排水泵直接排至地面。单水平开采的矿井只有直接排水一种方式，如果多级水泵能满足排水高度时，应采用直排地面的方式，其投资和运行费均较低，因而是最经济的。

直接排水又有全矿设一个排水泵硐室和几个分区排水泵硐室的不同形式。若多级泵不能满足排水高度时，也可采取水泵串联工作。

各水平分别排水一般用于各水平涌水量相近时。分别排水方式可保证各水平的排水互不影响。但该方式各水平都需设置排水设备，井筒管路较多，管理、维修复杂。

直接排水方式在煤矿已普遍使用。随着高扬程、大流量水泵的研制成功，直接排水将得到更大发展。

（2）分段（接力）排水有两种情况：一种是将安装在不同井筒深度处的水泵串联工作，另一种是下水平的水先用泵排至上水平水仓后，与上水平的水汇合，再由上水平的水泵排至地面。后一种方式主要用于上水平是主要、集中开采水平，且上水平的涌水量大于下水平时。分段排水方式宏观上没有能量损失，是比较经济的，而且在主要开采和主要涌水水平设置主排水泵房，布局上也是合理的，但主排水泵硐室发生故障时会影响全矿排水。矿井主水平内如有下山开采的采区，下山采区内宜设采区水泵将下山采区的水排至主水平，然后经主水平泵将水排至地面。

（3）下放集中排水是将上水平的水放至最下水平，在该水平设置主排水泵把全矿涌水集中排至地面。其优点是排水系统简单，只在最下水平设置排水设备，便于集中、统一管理。缺点是上水平的水流到下水平后排出，有位能损失，增加电能消耗，经济性较差。它只在上水平涌水量小时采用。

水泵选择 根据中国《煤矿安全规程》规定，矿井

必须有工作、备用和检修的水泵。工作水泵应能在20h内排出矿井24h的正常涌水量；备用水泵的能力应不小于工作水泵的70%；工作和备用水泵的总能力应能在20h内排出矿井24h的最大涌水量；检修水泵的能力应不小于工作水泵的25%。

按正常涌水量确定水泵所必须的流量、扬程和所需水泵台数的计算公式为：

$$Q_1=\frac{Q_r}{20} \tag{1}$$

$$H_1=K\ (H+5.5) \tag{2}$$

$$n_r=\frac{Q_1}{Q} \tag{3}$$

式中Q_1为水泵流量，m^3/h；Q_r为矿井正常涌水量m^3/h；H_1为水泵扬程，m；K为扬程损失系数，立井取$K=1.1$，斜井取$K=1.2\sim1.35$；H为井筒深度，m；n_r为水泵所需台数，台，取偏大整数；Q为一台水泵的排水能力，m^3/h。

按上述公式计算出水泵台数后，再按规程规定确定主排水泵台数。

当矿井涌水量大，导致水泵台数、管路趟数较多，井筒和巷道内管路难于布置时，水泵可并联运行，两台泵共用一趟排水管路。水泵并联工作应由并联特性确定工况，相同性能的水泵并联运行特性曲线是在相同扬程条件下两台水泵流量相加绘制而成的，它与管路特性曲线之交点则为两台并联水泵的工况点。当井筒较深，水泵扬程不足时，可采用水泵串联运行。两台相同性能水泵的串联运行特性曲线是在相同的流量条件下两台水泵扬程相加绘制而成，它与管路特性之交点为两台串联水泵的工况点。

为确保矿井安全生产，在水文地质复杂或有突水危险的矿井，可增设水泵或在主排水泵硐室内预留安装水泵的位置。有提升设备的井底水窝应设两台水泵，一台工作，一台备用，每台泵的能力均应在20h，排除24h水窝积水量。

矿井主排水泵主要是多级离心卧泵，对于有水患且涌水量大、扬程高的矿井，经技术经济比较也可采用潜水泵。水窝排水、采掘工作面排水常用单级离心泵，含泥沙大的水窝、水仓、掘进工作面等处可用污水潜水泵。矿井水pH值小于5时可用耐酸泵。

排水管路 《煤矿安全规程》规定必须有工作和备用水管，工作水管的能力应能配合在20h内排出24h的正常涌水量，工作和备用水管的总能力应能在20h内排出24h最大涌水量，涌水量小于$300m^3/h$的矿井，排水管不得少于两趟。排水管直径可按下式计算确定：

$$D_N=\sqrt{\frac{4Q_1}{\pi v_n 3600}} \tag{4}$$

式中D_N为排水管直径，m；Q_1为排水管预计的排水量，m^3/h；v_n为排水管中水流速度，最有利的流速为1.5～2.2m/s。

排水管路的壁厚由管路所承受的压力确定。排水管路通常为无缝钢管。深立井排水管路宜分段选择排水管壁厚，管路一般沿立井井筒敷设，亦可沿钻孔敷设。在立井井筒中为支承管重每隔100～150m宜设中间管座及管座梁，为防止水锤作用力的破坏，排水管下端应设直管座或弯管座并固定在管座梁上，该梁的强度应按承受管重、水重及水锤作用力计算。钻孔排水适应于斜井或分区排水的情况，钻孔位置宜选在与井下水泵房距离最短处，钻孔排水管可利用钻孔钢套管，亦可采用钢丝绳悬吊管路的敷设方式。潜水泵排水可将整条管路吊装在井筒或大孔径的钻孔内。在倾斜及水平巷道中，水管安装在底板混凝土墩上或架设在巷道壁专设的管子支架上。

水泵房布置 井下主排水泵房又称中央水泵房、主排水泵硐室。为全矿井服务，装有主排水设备的硐室，通常设在井底车场内，其位置应有利于设备运输和通风，使排水管路最短、水患时能方便地实施抢救措施。为减少泵房断面、水泵一般成单排布置（图1），当水泵台数较多单排布置导致通风、管理困难时，可采用

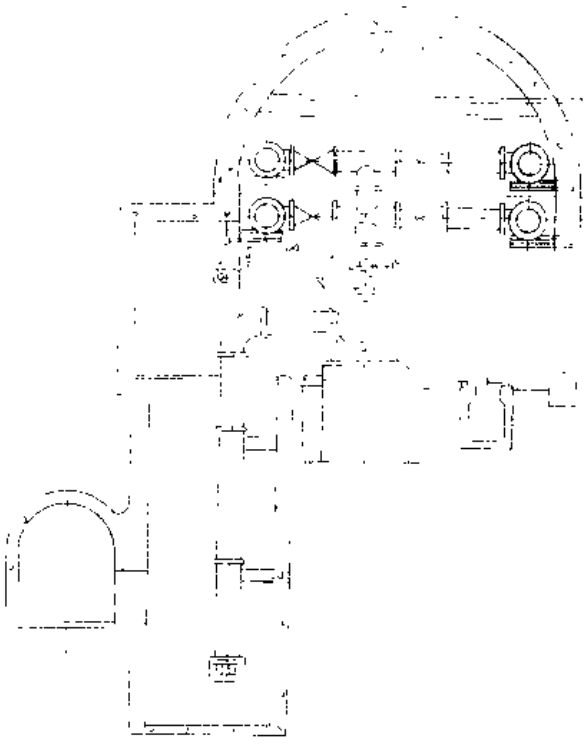


图1 水泵单排布置的泵房断面图

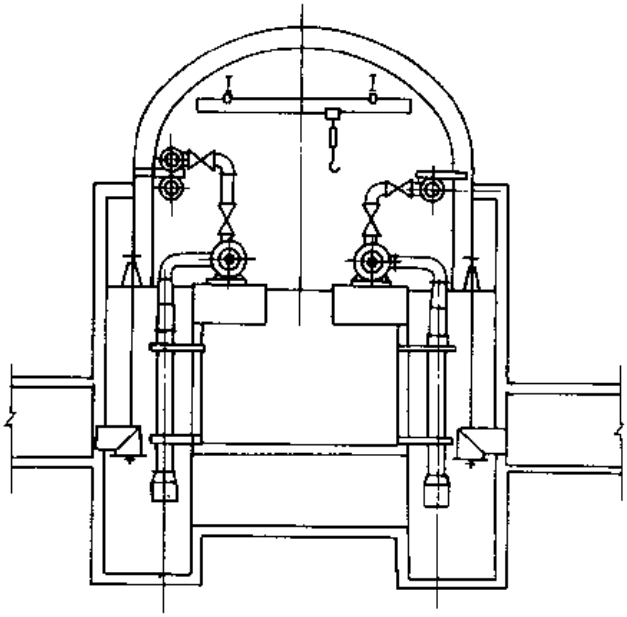


图 2 水泵双排布置的泵房断面图

双排布置形式（图 2）。水泵安装常采用水仓水位低于水泵吸水口的吸入式布置方式，它工程量小，防水患有利，但水仓利用率低。个别矿井也用压入式，它不需充水设备，易实现自动化，但防水患能力差。吸入式布置的水泵只有在泵内充满水时才可起动，常用的充水设备有注水阀加底阀、储水箱、真空泵、射流泵和升压泵等。

动力设备 有电动和气动两种。矿井排水广泛使用电动设备。采掘工作面排水宜使用气动潜水泵。电动设备由电动机和电控设备组成，有的还包括排水自动化装置。在有煤（岩）与瓦斯突出的矿井及瓦斯矿井的采区内应使用矿用防爆型设备，瓦斯矿井井底车场及其主要进风巷内可使用矿用一般型设备。水泵电动机常用笼型异步电动机，低压电机直接起动时常用磁力起动器或真空接触器，高压电机直接起动时用高压真空断路器需降压起动时用带电抗器的高压综合起动器。绕线异步电动机多用频繁变阻器起动，宜在电网不允许直接起动时使用。大型水泵电动机可采用同步电动机。排水自动化装置有水位控制、阀门控制、自动充水及监测保护等，中国有些小型水泵已实现了自动化。高压开关柜常布置在邻近的井下主变电硐室或在水泵房内，水泵与开关柜之间设信号联系。

发展趋势 随着矿井开采深度的不断增加，高扬程、大流量节能型水泵已广泛采用，并正在不断改进。潜水泵具有可抗御水患、散热条件好、系统简单、易实现自动化的优点，故有扩大使用的趋势。中国使用的矿用潜水泵最大流量为 1800m³/h，最高扬程为 1000m。

世界各主要矿用排水泵生产国如美、德、英、法等国，正朝着耐腐蚀泵、塑料泵、潜水泵等方向发展。离心泵也有向大流量、高扬程、大功率发展的趋势。随着自动控制和计算机技术的发展，排水设备自动化及根据水量变化对工况进行自动调节技术也达到了很高的程度。

（陈永宽）

kuangjing sheji

矿井设计 （mine design） 对拟建矿井的开拓、开采等主要生产系统、辅助环节、配套设施和安全措施等进行的全面的设计。批准后的矿井设计是安排矿井建设项目计划和组织施工所依据的主要技术经济文件。矿井设计是涉及科学、技术、经济和政策法规等的综合性科学，其水平和质量对矿井技术的先进性、经济的合理性、建成后能否充分发挥生产能力等有重要的影响。

设计依据与原则 编制矿井设计的主要依据有：①矿区总体设计（或矿井可行性研究报告）；②井田精查地质报告；③矿区建设环境影响评价书。

矿井（初步）设计一般遵循下列原则：①执行国家关于资源和建设环境等有关法规和政策，主要是《矿山资源法》、《环境保护法》、《煤炭工业技术政策》、《煤矿安全规程》和《煤炭工业设计规范》及有关行业规范等；②积极采用先进技术、先进工艺、先进设备和材料，提高企业效率和效益；③改革开拓部署，减少井巷工程量以缩短建设工期，改革地面总布置和技术工艺系统以减少占地；④预测若干年科技和社会经济的发展，避免矿井生产建设在短时期内就面临改造或扩建的被动局面；⑤矿井建设方案应在技术经济全面比较、论证基础上，本着少投入多产出的原则使矿井建成后高产高效、充满发展活力。

设计阶段 当前矿井设计分为两阶段设计，即初步设计和施工设计。

初步设计 根据批准的矿区总体设计或矿井可行性研究报告、井田精查地质报告以及运输、供电、供水等技术协议基础上进行。为选择和确定拟建矿井重大技术决策的初步方案和所需设备，及为编制矿井主要技术经济指标和总概算等进行的设计。它对矿井建设在技术上、经济上进行全面研究论证，提出最佳建设方案。应能满足指导施工图设计、控制工程投资和设备选型订货以及作为矿井验收移交和生产考核的依据。

初步设计一般包括 19 项内容：

（1）前言。阐述编制设计的依据、指导思想；设计的主要特点，主要技术经济指标；存在的主要问题和建

议。

(2) 井田概况及地质特征。概述井田自然地理与经济、交通、电源、水源；地质特征、煤层及煤质、水文地质、开采技术条件；其他有益矿产的开采及利用评价。

(3) 井田开拓。它是矿井设计的重要部分，对矿井生产运营有长远影响，关系矿井地面与井下整体布局的先进合理与稳定发展；对建设工程量、建井工期、基建投资，生产技术面貌和经济效益有重大作用。需经全面深入的技术经济方案论证，综合政策、经验、技术、经济诸多因素决定。井田境界、面积、井田储量、矿井设计生产能力及服务年限、井田开拓方式、井筒位置与用途、开采水平与大巷、井底车场及硐室。

(4) 大巷运输及设备。确定煤炭及辅助运输方式，运输设备选型。

(5) 采区布置及装备。确定采煤方法、采区布置、移交生产和达到设计能力的采区数目和位置、工作面设备及生产能力计算、巷道断面及支护形式、掘进工作面个数及井巷总工程量。

(6) 通风和安全。概述井田瓦斯、煤尘、自燃、煤和瓦斯突出及地温情况，确定矿井通风方式和通风系统，确定灾害预防及安全装备。

(7) 提升、通风、排水和压缩空气设备。计算提升、通风、排水及压缩空气的用量，确定设备（含附属设备）的型号及数量。

(8) 地面生产系统。阐述煤质及用途，根据煤质及用户要求决定煤的加工方式；主、副井的生产系统和矸石系统；机电设备修理、坑木加工、煤样与化验等辅助设施及其主要设备的选型和数量。

(9) 地面运输。概述矿井附近现有铁路、道路及其他交通运输情况，矿井采用标准轨距铁路专用线的主要技术条件，装车站的站型及设备，场外道路的主要技术条件，主要设备与工程量。

(10) 总平面布置及防洪排涝。概述矿井工业场地的平面布置、竖向设计及场内排水；场内运输方式；管线综合布置；风井工业场地、爆破材料库的选址及平面布置；工业场地及井口标高的确定，防洪排涝的措施。

(11) 电气。论述地区电网及规划情况，电源的选定，计算电力负荷；供电系统、送电线路的技术特征，地面变电所位置选择、接线方式、主变压器选型；地面及井下供配电、监控与计算机管理；通信系统与通信设备；铁路信号。

(12) 地面建筑。阐述工业建筑物与构筑物的结构形式和面积；行政、生活福利建筑的面积计算；居住区面积计算、位置选择；矿井总平面布置；

(13) 给水排水。论述给水范围及设计依据，用水量，水源选择，给水系统；排水系统、排水和污水处理的工艺系统；消防及洒水系统设施的选定。

(14) 采暖、通风及供热。叙述采暖范围及采暖方式，设备选型与数量、室外热力管网；井筒防冻设施。

(15) 职业安全卫生。叙述场地自然条件，预测主要危险因素；职业危害因素分析，提出主要防范措施。

(16) 环境保护。论述各种污染的防治措施，地表塌陷治理。

(17) 建井工期。确定建井工期；产量递增计划和安排。

(18) 技术经济。按岗位编制劳动定员、确定劳动生产率；估算原煤成本；从基建投资、生产经营费用、产品销售收入及税金、投资回收期、财务内部收益率、投资利润率、投资利税率等方面进行综合投资效果分析及评价矿井设计的技术经济合理性。

(19) 主要机电设备和器材目录；设计概算书（包括材料清册）以及设计附图（工艺流程和系统图）。

施工图设计 根据初步设计编制，为矿井施工提供施工图纸、预算和有关说明书所作的设计。施工图设计内容、深度应达到施工建设的需要，应能解决工程结构、构造及尺寸、设备安装及材料消耗、非标准设备制作等具体问题。根据施工图设计编制施工图预算，是控制工程造价、工程价款结算和考核工程的依据。

发展简况 20世纪50年代，中国对矿井设计曾分为初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段，当时技术设计是对技术复杂而又缺乏设计经验的建设项目在初步设计阶段中未解决的问题进一步研究确定，如特殊工艺流程方面的研究试验及确定、新型设备和某些关键部位的试验研究及确定。

英、美等西方国家在建设项目可行性研究立项决策后，大都将矿井设计工作分为概念设计、基本设计和详细设计三个阶段。概念设计是在投资决策以后，由咨询单位将初步可行性研究和最终可行性研究中的一些原则问题，通过与业主协商，经业主认可后形成为设计文件，明确工作范围、工作特点、生产品种及规模、主要生产设备、厂址条件、厂外运输条件、环境保护及城市规划要求等。基本设计是根据政府当局同意概念设计时附有的若干限制条件，由总设计单位编制工程项目技术经济详尽论述的设计文件，对推荐的技术方案和建议进一步加以说明，在概念设计的基础上编写详细的市场报告、进行预测评估，概算将作为投资的依据，设备目录将作为定货的依据，并可满足下一阶段详细设计和施工的要求。详细设计相当中国的施工图设

计。

参考书目

刘国恒主编，《可行性研究辞典》，学术期刊出版社，1989。
《煤炭工业矿井设计规范》，中国计划出版社，1994。

（王升鸿）

kuangjing sheji gaisuan

矿井设计概算 （mine design estimate） 建设项目初步设计概算和技术设计修正概算的统称。根据设计的内容要求和有关规定，对建设项目从筹建准备到竣工交付使用所需的全部费用进行计算的文件，它是衡量设计的经济合理性、确定建设项目的投资额、编制基本建设计划和主要材料申请计划、控制施工图预算价值和考核建设成本的依据。

概算的投资构成 煤炭工业基本建设设计概算投资分为井巷工程费、土建工程费、安装工程费、设备和工器具及生产家具购置费和工程建设其他费用五类。

井巷工程费是指建设矿井的全部井巷建筑工程费用，包括井筒、巷道、硐室、水沟、铺轨、设备基础及为井巷工程施工服务的临时井巷工程、露天矿的剥离工程等。

土建工程费是指建设矿井的全部地面建筑工程费用，包括房屋建筑物和构筑物、铁路、公路、桥涵、隧道、防洪工程以及建筑物室内给水、排水、采暖、通风、照明工程和场区设施工程等。

安装工程费是指建设矿井的全部设备安装工程费用，包括：设备安装工程、附属于安装设备的管线敷设工程、测定安装质量和对设备进行调试、金属结构工程等。

设备、工器具及生产家具购置费，包括标准设备、非标准设备、以及为保证建设项目初期正常生产所必须购置的第一套不够固定资产标准的设备、仪器、器具的购置费。

工程建设其他费用，指除建筑安装工程费用、设备及工器具购置费以外的费用，如土地征用费、建设单位管理费等。

概算的投资范围 新建矿井：包括矿井从筹建至达到设计生产能力前设计规定的全部矿建工程、土建工程、设备及工器具购置、安装工程和工程建设其他费用的投资。恢复矿井：除按新建矿井的投资范围计算外，还包括井巷疏干、清理及井上下修复工程的费用，但不包括矿井原有的固定资产投资。改扩建矿井：包括设计规定因扩大或维持生产能力而增加的工程和费用。露天矿：包括从筹建至移交生产前的全部剥离工程和达到设计能力前的土建工程、设备及工器具购置、安装工程和工程建设其他费用的投资、移交生产及继续进行的剥离工程计入生产成本。其他单项工程：从筹建至竣工验收的全部土建工程、设备及工器具的购置、安装工程和工程建设其他费用的投资。

概算的组成与编制 一般包括概算编制说明、总概算、单位工程概算、工程建设其他费用概算、预备费概算。

编制说明包括建设项目概况、投资范围、编制依据、投资分析和主要技术经济指标；总概算根据单位工程概算、工程建设其他费用概算和预备概算，按生产环节及费用构成进行编制；单位工程概算由直接费、间接费、计划利润、税金等项费用组成，根据设计工程量及技术特征、统一基价、万元定额调整系数、设备及工器具价格和《煤炭建设工程造价费用构成及计算标准》的规定进行编制；工程建设其他费用概算按《煤炭工程建设其他费用指标》编制；预备费概算由工程预备费和价差预备费组成，工程预备费按《煤炭建设工程造价费用构成及计算标准》所规定的百分率编制，价差预备费以概算编制采用的年度价格为基价年，按主管部门规定的价格上涨指数，根据开工及逐年分配的投资额，计算到工程竣工年限止，求出分年度的价差，汇总得出价差预备费总额。

概算的编制依据是：矿井建设项目初步设计说明书及附图、设备及器材清册；各类工程现行的概算指标或概预算定额；国家有关部门颁发的设备计划价、市场价、出厂价及规定的运杂费率；设计项目所在地现行的材料预算价格及人工工资标准；主管部门规定的间接费、计划利润、税金及工程建设其他费用指标等规定；主管部门规定的建设项目单位工程统一名称表。

概算书应按初步设计审批权限，随同设计文件同时报批。概算实行谁负责投资谁审批的原则，国家实行统一计划投资的煤矿建设项目由国家计委和煤炭部审批，由企业贷款建设的项目由企业董事会负责审批。概算书一经批准，就具有指令性质，不得随意修改。如遇重大的地质变化，以致引起设计原则的重大变更，或者由于国家技术、经济政策的较大变动，致使批准的总概算投资有设计变动时，应编制修正概算，并报送原审批机关审查批准。

（蒋宗德）

kuangjing sheji shengchan nengli

矿井设计生产能力 （mine designed capacity） 设计规定的矿井年生产煤炭（或其他矿产）的数量。

矿井设计生产能力是矿井建设最基本的技术经济

指标，对矿井地面与井下系统的设计布局、技术装备水平、生产能否持续稳定发展及建设投资效益有着重要影响。矿井设计生产能力与采用的矿井工作制度有关。中国新井设计工作制度采用年 300d，日提升时间 14h。世界一些主要采煤国家实行四班作业，三班出煤，日提升时间 18h。

矿井设计生产能力应在国家能源政策的指导下，结合井田煤炭储量、煤层赋存状况、开采技术条件、技术装备与管理水平、市场需求等条件，经多方案技术经济比较后合理确定。在研究矿井设计生产能力方案时一般应考虑地质与开采条件、生产接替与服务年限、技术装备、安全生产、经济效益等因素。

(1) 储量丰富、煤层赋存稳定、构造简单、开采条件好的井田，特别是冲积层厚、煤层埋藏深时，宜建设大型矿井。储量分散　埋藏较浅、煤层较薄、地质复杂的井田，宜建设中小型矿井。急倾斜及倾斜煤层且煤层较薄、机械化采煤困难的矿井，生产能力不宜过大。

(2)矿井正常生产接替是尽快达产，长期稳产和高产、发挥投资效益的基础，确定矿井设计生产能力时必须认真分析煤层开采条件，规划生产正常接替的空间与时间。大型矿井正常接替一般要安排 20～30 年，确保矿井长期高产和高效。若确定的矿井设计生产能力偏高，往往会造成矿井生产接替紧张，甚至不能正常接替。在决定矿井设计生产能力的同时还要确定矿井相应的服务年限，中国《煤炭工业技术政策》、《煤炭工业矿井设计规范》均规定了不同生产能力的矿井与第一水平应有一定的服务年限值（见本卷“矿井服务年限”）。

(3) 采用先进的工艺、技术、设备和材料建设现代化矿井是提高矿井设计生产能力的重要技术途径。矿井设计生产能力的基础是采煤工作面的数目和工作面的单产，技术装备水平不同，采煤工作面的单产水平亦不同。中国普通机械化采面单产水平为 30～60 万 t/a，年产 1.2Mt 的矿井需要装备 2～3 个工作面方能保证矿井的产量；综合机械化采面单产水平 60～120 万 t/a，年产 1.2Mt 的矿井只需装备 1～2 个工作面。采用先进的大功率的日产万吨的高产高效综采工作面，年产 2～3Mt 的矿井，只需一个工作面就能满足矿井生产能力。

(4)煤矿安全生产条件主要指瓦斯涌出量大小、是否有煤与瓦斯突出危险、冲击地压是否严重、矿井涌水量大小及突水威胁、自燃发火等，这些因素均制约着矿井设计生产能力。

(5) 确定矿井设计生产能力时要以原煤成本最低和吨煤建设费用最低为技术决策的重要原则。原煤成本由生产经营费用和固定资产折旧费构成，经营费一般占总成本的 75%以上。井田储量一定时，矿井生产能力偏大，固定资产随之增加，形成生产成本中折旧费增加；矿井生产能力确定过小，管理费、维修费　排水费等相对增加，也会使成本提高。

参考书目

《煤炭工业技术政策》，煤炭工业出版社，1987。

王家廉、吴绍倩编，《煤炭地下开采方法》，煤炭工业出版社，1985。

（贾悦谦）

kuangjing shigong fuzhu gongzuo

矿井施工辅助工作　(auxiliary work of mine construction)　建井期为矿井各工程正常施工提供必要的条件和作业环境以保证矿井连续不间断施工所超前或同步完成的工作。主要包括：地面交通运输、供电、通讯、供排水、提升运输及排矸、压风供应、机修、矿井通风、照明、采暖供热，工业场地测量与平整及其他大型临时工程等。

建井期地面交通运输　在施工场地与外部单位之间运送施工所需用的材料、设备和人员。组织好运输工作，对加快矿井建设速度、降低工程造价具有重要的意义。建井时期交通运输工作的特点是：运输线路和运输方式受矿区地形和施工场地条件等因素的限制，造成运输方式的多样性；各施工阶段和施工季节对器材设备的需用量差别很大，运输工作具有不均衡性；施工用的器材、设备品种和类型繁多，供货、用货地点分散，变化大，运输距离远近不一，造成运输工作的复杂性。

运输方式主要有轨道运输、公路运输、架空索道运输、水路运输等。建井过程中有条件时尽可能利用矿井永久运输线路和设施。永久标准轨铁路运输能力大，运费低，不受气候影响，建井过程中可以直接利用矿井铁路专用线运输或全国铁路网，经矿井附近的火车站进行转运。公路运输，当矿区距永久干线公路较近时，可按永久设计一次修筑矿井运输公路与之连接，当矿区距永久公路较远，修筑矿井运输公路工程量大、时间长，而矿井急于开工需要大量运送物资时，亦可先铺筑永久路基，再用炉渣、碎石、沙土等修筑简易路面，待建井后期再修筑成永久路面。大型矿井运输任务繁忙，载重量大，宜一次修筑永久路面。公路运输应用比较广泛，它运输能力大、机动性强、但受气候影响较大。架空索道运输，索道施工难度大，运输能力小，仅在矿井地形复杂，跨越河流、山谷、陡坡的条件下使用。水路运输，建井需用的物资用各种类型船只沿河道运至码

头或渡口然后转运至矿井。它特点是投资少、运输能力大、运费低。

建井期供电 建井时期供电由变配电设备、线路组成供电系统，按照不同的用电要求，为施工机械设备及工器具提供电力。

供电系统主要包括：电力变压器、高低压配电(盘)柜、输电线路、继电保护装置和防雷保护装置等。供电电源由永久电网或自备电厂、柴油发电机站提供。建井期间供电特点是：供电地点分散、负荷分布不均衡、用电量大、可靠性要求高。永久电网到施工区域变电所的供电方式有放射式、环式、干线式。区域变电所的接线方式有桥形接线，线路变压器组、双母线、单母线分段接线等几种，具体根据电压等级，负荷大小、数目、位置等要求确定。

供电过程 按照工矿企业地面供电的一般要求和矿井地下施工的特殊要求，选用合理的供电方式，设计相应电压等级的地面变电所，配置相应容量的电力变压器。二次接线为660V/380V/220V的三相四线制，把电力由输电线路送至提升机、通风机、压风机、主排水泵等大型固定设备使用，同时经井筒送至井下中央变电所，再分配到各个施工作业场所，供施工机械使用。

供电对象 地面建筑及安装工程施工机械和工器具，井下巷道掘进(露开煤矿土层剥离)、提升、运输、通风、供排水、照明等所用施工机械和工器具以及相应的生活用电。地面配电电压等级多用35kV和6kV，井下高压和低压配电电压等级多用6kV和110kV，照明设备及远距离控制线路的电压等级多用220V、127V和36V。建井时期供电除满足一般供电质量和安全要求外，还要遵循煤矿井下的特殊要求：升降人员的立井提升机、压风机、通风机、主排水泵等大型固定设备以及井下变配电站的供电均采用双回路；井下电气设备、通讯信号、仪器仪表以及自动化装置都要具有防爆性能；井下配电硐室要使用不燃性材料支护；井下变压器禁止中性点接地；各类电气设备还应满足不同施工条件的具体要求。供电系统必备的保护措施有：电网相间短路保护、电网距离保护、电力变压器保护、电力电容器保护、漏电保护、电动机保护等。

建井期压风供应 为矿井施工风动工器具提供压缩空气动力。压缩空气供应系统(压风系统)由空气压缩机、电力拖动与控制装置及附属装置组成。

压风系统的工作过程是：空气压缩机把空气吸入缸体、经过两级压缩压力升至0.7～0.8MPa，由管路送至储气罐，经油水分离器与管路送至各风动设备。

矿井施工常用的空气压缩机有活塞式和螺杆式两种。活塞式空气压缩机多用于固定式压气机站，螺杆式空气压缩机多用于移动式压气机站。活塞式压缩机又分为L型、V型和W型等，冷却形式分为风冷和水冷两种，排气压力为0.7～0.8MPa，排气量和轴功率分别最高可达100m³/min和540kW。空气压缩机的数量除满足生产需要外，还应有一定的备用量。

压缩机站分为地面和井下两种，地面压缩机站位置要选择在主要用风地点附近，并置于空气洁净，通风良好；远离矸石山、出风井、烟囱，并在施工场地全年主导风流的上风方向。井下压缩机站应尽量选择移动式设备，设在有新鲜风流通过的硐室，压缩机和储气罐要分设在两个硐室，硐室标高要高出周围巷道的轨道标高。压缩机的选用和布置根据用风量和用户分布范围确定。

建井期供水 建井期供水的特点是：用水量不均衡，用水地点分散，要求水质多样化和连续供水。供水按用途分为施工用水、生活用水和消防用水。供水量应根据工程规模、人员数量和季节来确定。供水水质根据用途分别符合各有关水质标准，水源可利用河流、湖泊、水库等地表水，或开凿水源井，利用地下水，亦可利用经过沉淀净化处理的井下水，有条件时尽可能利用当地已有或矿井永久水源。供水工作一般是由水源取水，通过管路送至蓄水池或水塔，利用水池或水塔静压，通过供水管路供水，水源井及水塔宜设在用水量较大的施工和生活区附近。当水源距施工场区远、用水量较小时，可采用汽车供水。

建井期排水 分为生活污水排放和矿井排水。利用永久建筑时生活污水尽可能利用永久室内外排水系统。室外临时排水可采用明沟排放和混凝土暗道排放。临时排水系统与永久排水系统和工业场地防洪系统应统一规划，尽可能减少临时排水工程量及费用。井下排水方法应根据矿井涌水量大小和不同施工阶段的特点来确定：①井筒施工阶段涌水量不大时可利用提升容器(吊桶、箕斗、矿车)排水，涌水量较大时可利用排水设备(吊泵、卧泵、喷射泵、风泵等)一段或多段接力排水。②井底车场施工阶段，根据涌水量大小，施工要求可设置临时水仓、水泵房排水。当巷道施工涌水量较大时，应先施工永久中央水泵房、水仓，尽早利用永久排水系统进行排水，运输大巷(石门)和采区巷道施工涌水经水沟自流入水仓，巷道底板低凹处积水用小水泵和喷射泵排入大巷水沟，汇入水仓，由泵房排至地面。

建井期提升 建井期提升是在井巷施工过程中提升矸石，升降人员、设备和器材等。其特点：提升深度变化频繁，操作复杂，作业条件差，提升量大，不均衡性强，管理难度大。

立井提升方式有：①一套单钩提升，提升系统及组织管理简单，不必调绳，地面卸矸和井筒装岩互不干扰，但提升能力低、电耗大，多用于井深小于250m，井径不大于5m深的浅井。②一套双钩提升，较一套单钩提升能力大，电耗小，须经常调绳，信号工作较复杂，多用于井径大于5m，井作为临时罐笼提升的浅井。③两套单钩提升，较一套双钩提升能力大，机动灵活，工作可靠，但电耗大，适用于井深超过400m的井筒。④多套提升，提升能力大，多用于井径大，井深超过600m的深井，但信号复杂，管理难度大。

斜井提升方式有：①箕斗提升，井口布置简单，不用摘挂钩自动卸矸，安全可靠，适用于倾角较大的斜井；提升距离小于450m，多用单钩提升、大于450m，宽度大于4.5m，多用双钩提升。②串车提升，摘挂钩频繁，辅助时间长，易跑车，不安全。串车提升分单钩、双钩及倒拉提升。提升距离大于450m，倾角小于30°的斜井，多用单钩提升，提升距离小于450m，宽度大于3.5m，多用双钩提升，由下向上施工的倾角小于30°的斜井，用倒拉提升。

提升系统包括：提升机、井架、天轮、提升容器、提升钢丝绳等。矿井提升机分缠绕式和摩擦式。建井提升多用矿用JK系列缠绕式提升机。为适应建井提升荷重大、搬运频繁等特点，中国生产了JKZ凿井专用提升机。凿井井架分Ⅰ～Ⅴ型亭式井架、小型钢管亭式井架和三腿式井架。井架类型要与井筒直径相适应，并能满足施工荷载、过卷高度等要求；角柱跨距、卸载平台高度应满足提吊大型凿井设备的需要。提升容器，吊桶用于立井施工；箕斗或矿车用于斜井施工；罐笼用于井底车场开拓和巷道施工期间的立井提升。

建井期运输 井巷施工过程中井上下运送矸石、物料、设备及人员等，其特点是：运输距离长、环节多；运输设备、设施随工作面的推进经常移动；货载量大，作业条件差。运输方式的选择应满足货载运量和安全作业的需要，减少运输环节及转载、调车工作，尽量利用永久运输设施，提高机械化、自动化程度和经济效益。

常用的运输方式有：矿车运输、胶带输送机运输、自卸汽车运输及架空索道运输等。①钢丝绳、机车运输是用绞车或机车牵引矿车，其特点是荷载量大，摘挂钩频繁，调车复杂，但能用于多种货物运输，适用于平斜巷运输。②胶带输送机运输，适用于水平和倾斜巷道运输（向上不大于18°，向下不大于15°），运输能力大，阻力小，长距离巷道运输费用低且可运人，但初期投资大。③自卸汽车运输，机动灵活，能力大，组织简单，一般用于地面排矸，也可用于平硐、斜井至地面的联合运输。④架空索道运输，对复杂地形适应性强，可直接跨越陡坡、深谷、河流与高大建筑物等，受天气变化影响较小，装卸设施简单，爬坡能力大，可达35°，但初期投资大，设备维护难度大，运转可靠性较差。

建井期排矸 矸石提出井口后，由地面排矸系统运往排矸场或回填工业广场。排矸方式根据井口所处地形及施工不同阶段的要求确定，应优先选择直接排矸方式，尽量利用永久排矸设备，并考虑矸石的综合利用。

排矸方式分直接排矸和转装后排矸。①直接排矸是用自卸汽车直接卸矸或用固定矿车通过装有翻车机的卸矸架卸矸。②转装后排矸是由固定矿车装矸通过箕斗、翻斗矿车或架空索道等卸矸。

排矸场的选择必须考虑工程煤的堆放、贮存及外运；尽量设置集中排矸场，少占农田，不影响永久建筑物的施工和地面排水；自燃性矸石不得排在煤层露头和表土以下10m以内有煤层的地面上，也不得排在采空区地面塌陷的范围内，其边缘与建筑物的距离应符合《煤矿安全规程》中的有关规定。

排矸量是选择排矸容器及提升机的依据。每小时排矸量Q：

$$Q=\frac{h\cdot h_0\cdot V}{m_1\cdot m_2\cdot m_3}\ (\mathrm{m^3/h})$$

式中V为最大年掘进量，$\mathrm{m^3}$；h为提升不均衡系数，取1.15～1.25；h_0为岩石松散系数；m_1为每年工作日数；m_2为每日工作班数；m_3为每班工作小时数。

建井期通风 向井下供给足够的新鲜风流，使作业人员不受瓦斯及煤（岩）尘等有害气体和物质的危害，以改善工作条件，实现安全施工。建井时期通风的特点：巷道多头掘进，局部通风机供风风量风流受季节气候变化影响较大，通风困难。根据建井施工期的不同，通风分为三个阶段：井筒施工至井底车场或联接巷期间为第一阶段，通风方式简单，通风机安装在井口，通过风筒向工作面供风。井底车场及运输大巷（或石门）及进入采区巷道的施工为第二阶段，独头通风距离长，通风机安设在井口或安设在井底车场，通风较为困难。当主、副井与风井贯通后，构成生产通风系统为第三阶段。通风机安装在巷道内，多台通风机向各工作面供风；局部巷道为串联通风，通风系统较复杂。

建井期建筑物 一般分为施工用工业建筑及行政福利、生活建筑。施工用工业建筑主要有提升机房、空气压缩机房、变电所、机修厂、木材加工厂、锅炉房、仓库等。行政福利及生活建筑主要有办公室、任务交待室、灯房、浴室、食堂、宿舍等。建井期建筑物设置的主要原则是：尽量利用矿井永久建筑物或附近已有企

业或村镇的建筑物；当必须修建新的大型临时工程（大临工程）时，建筑物要与施工需要及服务年限相适应，尽可能采用可移动，能重复使用的装配式建筑或轻型容易施工和拆除回收的简单结构，用料尽可能就地取材，因陋就简，降低造价。临时建筑物设置不得占据永久建筑物、构筑物及管线的位置，要方便施工和缩短运输距离。建井期建筑物的面积：施工用工业建筑主要根据建筑物内设备的型号、数量及操作要求来确定，行政福利及生活建筑可参照同类建筑设计指标或施工企业的经验数据确定。

建井期通讯、照明、采暖供热以及机修等与矿井永久的通讯照明供热没有大的区别，仅在设备选型时除考虑施工需要外，还要与使用年限相适应，因陋就简，降低造价和便于安装、拆卸、搬运和回收复用。

参考书目

沈季良等主编，《建井工程手册》（第二卷），煤炭工业出版社，1986。

黄献瑞编，《建井提升运输设备》，煤炭工业出版社，1987。

黎佩琨主编，《矿山运输及提升》，冶金工业出版社，1984。

（杨维清　李继权　华泽戎　周　富　张和林）

kuangjing shigongtu yusuan

矿井施工图预算　(mine design budget)　在工程开工前根据施工图预先测定单位工程造价的文件。施工图预算由设计或施工单位编制，建设单位组织会审。经批准的施工图预算是确定工程造价、编制和调整年度基本建设计划、统计工程进度、签订承发包合同、拨付工程价款、办理工程结算、考核工程成本和施工企业备工备料的依据，也是工程招标编制标底的基础和衡量设计经济合理性的尺度。

施工图预算在中国有两种编制方法，建国初期采用“实物法”，以后逐渐被“单位估价法”所取代。实物法即首先按照施工图纸计算分部分项工程的全部工程量，然后根据相应的预算定额计算分部分项的人工、材料和机械台班耗用量，再各自乘以建设项目地点的工资、材料和机械台班单价得出各自的价值，这些价值的总计即为该单位工程的直接定额费。单位估价法即先根据预算定额和地区人工工资单价、材料预算价格和施工机械台班单价编制地区单位估价表，然后乘以单位工程的分部分项工程量，这些价值的总计就是该单位工程的直接定额费。1992年，煤炭主管部门规定实行按统一的单位估价表即预算定额基价编制预算，工程所在地价格与统一基价选定的价格差异，可计入单位工程预算，但不计取其他直接费和间接费。

施工图预算的编制依据是：批准的初步设计和概算；施工图纸及说明、钢材明细表及设备器材明细表；批准的施工组织设计或施工技术措施；主管部门规定的各类工程现行预算定额及间接费、计划利润、税金等费率；建设项目所在地的现行材料预算价格和人工工资标准等。施工图预算文件包括：单位工程预算总表、建筑安装工程预算表、定额外材料预算表、工程量计算表、补充定额及基价表、人工及主要材料消耗量汇总表。

参考书目

《煤炭建设工程造价管理办法》，煤炭工业出版社，1991。

（蒋宗德）

kuangjing tisheng xitong

矿井提升系统　(mine hoisting system)　沿立井或斜井提升煤炭、矸石，升降设备、材料和人员的设施及设备的整体。它是连接井下与地面、保证矿井生产的重要环节，分为钢丝绳提升、带式输送机提升、水力提升、气力提升四类。

钢丝绳提升　由提升机带动钢丝绳牵引提升容器在井筒内升降完成提升任务，由提升机、提升容器、提升钢丝绳、电气传动设备、过卷保护装置、防坠或防跑车装置、装卸载设备和设施等组成，能满足不同井深和提升能力的要求，是目前使用最多的提升方式。

提升机类型选择　提升机有单绳缠绕式提升机和多绳摩擦式提升机两类。井深＜350m的矿井宜采用单绳缠绕式提升机，井深≥350m时宜采用多绳摩擦式提升机。选型设计时应进行技术经济比较，当技术经济合理，能满足防滑要求时，选用多绳摩擦式提升机较为有利，因为提升容器由数根钢丝绳悬挂，安全可靠性高，且摩擦轮直径小、设备重量轻、价格低。多绳摩擦式提升机分为塔式或落地式两种，塔式提升机安装在井塔上部，提升系统简单，设备费用低，占地少，中国采用的较多；落地式提升机安装在地面提升机房内，天轮安装在井架上，系统较复杂、占地多、在严寒地区裸露的钢丝绳应采取防护措施；但抗震性能好、可利用永久井架建井，在地震烈度7度以上的地区应优先选用。

提升容器选择　包括箕斗、罐笼和其他提升容器。①箕斗主要用于提升煤炭或矸石，它提升能力大、装卸载时间短，易实现自动化，但装卸载时煤块易破碎。根据矿井年产量、提升高度，计算一次提升量并按系列规格选用标准箕斗。②罐笼既可提升煤炭、矸石，又可升降人员、材料和设备，适用性广，主要用于辅助提升作业，其断面尺寸要与井筒断面并与矿车规格尺寸相符合，一般选用标准罐笼，要按最大作业班总的提升时间

不超过 5h、工人下井时间不超过 40min（斜井为 60min）的原则校核提升能力。③其他提升容器有罐笼与箕斗组合而成的混合容器、斜井运送煤和物料的斜井箕斗、数辆矿车组成的串车提升、供人员上下的斜井人车、斜井架空乘人装置（俗称“猴车”）等。

钢丝绳选择 钢丝绳的结构和技术参数取决于提升机类型、载荷的类别、使用条件。单绳缠绕式提升机多选用制造较容易、价格较便宜的圆股点接触式钢丝绳，三角股钢丝绳有效金属断面大，绳径小，条件有利时亦可选用。多绳摩擦式提升机多选用钢丝绳接触面积大的同向捻三角股钢丝绳或接触应力小、寿命长的圆股线接触钢丝绳。升降人员时应选用特号钢丝制成的钢丝绳，专提物料应选用 I 号钢丝制成的钢丝绳。淋水较大且有腐蚀的环境应选用镀锌钢丝绳。多绳摩擦式提升机主钢丝绳根数一般为偶数，左、右捻向各占一半，以利左、右捻向扭矩互相抵销，尾绳可选用扁钢丝绳或多层股不旋转钢丝绳，主钢丝绳不能涂油或只能涂增加摩擦系数的“戈培油”。

钢丝绳的抗拉强度应根据终端载荷大小、提升高度、经济性和供货难易程度来选择，并符合《煤矿安全规程》对各种使用条件下安全系数的要求，还应对摩擦轮、卷筒、天轮等直径与钢丝绳直径和绳中最粗钢丝直径的比值进行校验。

提升能力计算 提升能力主要取决于提升速度（v）和提升载荷。根据《煤矿安全规程》规定，立井升降物料的最大速度 v 不大于 $0.6\sqrt{H}$，m/s；升降人员的最大速度 v 不大于 $0.5\sqrt{H}$，m/s，最高不大于 12m/s。式中 H 为提升高度，m。斜井用箕斗升降物料时，最大速度不大于 7m/s；矿车升降物料时不大于 5m/s；人车升降人员时最大速度不大于 5m/s。

立井主井提升最大速度宜按 $v=0.4\sqrt{H}$（m/s）设计，技术经济均较合理。斜井矿车及人车提升，斜长在 300m 以下时，最大速度宜选为 3.5m/s；斜长在 300m 及以上时，最大速度宜选为 5m/s；斜井其他提升作业，最大速度均可按规程要求结合工程实际确定。

《煤矿安全规程》及《煤炭工业矿井设计规范》对各种提升作业的加、减速度和休止时间均有明确规定，结合选定的最大提升速度，可确定一次循环提升时间；根据矿井年产量或辅助提升作业量、一次循环提升时间及工作制度可以确定一次提升的有效载荷。对于主井提升，计算中应考虑井下生产不均衡的特点和必要的富裕能力。

提升有效载荷和提升速度之间，在一定的提升能力、提升速度、加减速度下呈函数关系。对应最短提升循环时间的速度图为三角形，有最大的提升速度 v_m。瑞典人兰达（Landan）从函数关系的研究中找出投资和运行费两者在变化中处于最佳状态下的提升速度应取为 $v=(0.5\sim0.8)\,v_m$。

电气传动装置的确定 提升机有交流和直流两种电气传动装置。交流传动装置目前多为绕线型电机转子串电阻调速，在减速和爬行段另加辅助装置。直流传动装置有电动—发电机组和晶闸管交流装置两种，随着晶闸管变流技术的发展和完善，它将取代电动—发电机组。在中国，当主井提升电动机总容量在 1000kW 及以下时，一般采用单台电机交流传动装置；电机总容量在 1000kW 以上、2000kW 以下时，采用单台电机直流传动系统或双电机交流传动系统，要经技术经济比较确定；电机总容量在 2000kW 以上时，一般采用直流传动系统。对于副井提升，电机总容量在 800kW 及以下时，一般采用交流传动，在技术经济有利的前提下，亦可选用直流传动；电机总容量在 800kW 以上时，一般采用直流传动。

德国、瑞典等国，转子串电阻调速的交流传动装置已经淘汰，直流传动采用晶闸管变流装置，交流传动的最新发展是采用晶闸管交—交变频装置。中国已引进和试制了交—交变频同步机传动装置。

带式输送机提升 用带式输送机将煤炭或矸石由井底经井筒运到地面（斜井可兼作人员运输）的运输系统。一般适用于大型矿井的主斜井和井筒较浅的立井。斜井用的带式输送机有钢绳芯胶带及钢绳牵引胶带两种，它能连续提升、能力大、效率高、运行费用低、易实现自动化，但初期投资较大。普通带式输送机向上运煤的斜井倾角不大于 18°，深槽形或花纹胶带，角度还可适当加大，其输送量由胶带宽度、倾角、断面几何参数及运行速度确定。立井提升的大倾角带式输送机主要有波形挡边横隔板和压带式输送机两种，可减小井筒断面，20 世纪 80 年代，德、美等国已在立井中使用，挡边式和压带式输送机的垂直提升高度分别为 104m 和 72.6m，生产率分别为 1000t/h 和 726t/h。

水力提升 以压力水为载体，经管路将散料煤从井底提升到地面的系统。它包括破碎、混合、输送和脱水等环节。苏联是第一个试用水力采煤和水力提升的国家。中国 20 世纪 50 年代以后建成一批水力提升矿井，它连续提升、能力大、环节少、管理集中、投资省，且无煤尘飞扬，易实现自动化，但用水量大、设备效率较低、设备和管路磨损较严重，且要增加混合和脱水作业，煤泥脱水和废水澄清比较复杂，运行费用高。

气力提升 以压缩空气为载体，经管路将散料煤从井底提升到地面的系统。中国还没有设计采用。英国

1977年在夏尔布鲁克煤矿安装使用了第一套气力提升系统，它能连续提升，设备简单投资少，需要操作人员少，易实现自动化，但管路磨损较严重，易发生管路堵塞，维修量较大，运行费用较高，但由于它较易于提高提升能力，故英国又在几个改扩建的老矿井中投入使用。

发展与展望 随着矿井开采深度日益增加，生产日益趋向集中化、大型化，矿井提升已由单绳提升系统向多绳提升系统发展，并出现了电机装入滚筒内部的内装式多绳提升机，提升速度和有效载荷也在增大，速度最高达20m/s，一次有效载荷达50t，最大单机功率达14573kW，最多绳数达10根。瑞典基鲁那铁矿1956年以前就有9台多绳提升机布置在一个长方型的井塔内，以后又进行了改扩建。中国井深1000m，年产量为3Mt的生产矿已有多个，4～5Mt/a的矿井正在建设中，一批特大型矿井采用两套提升设备井在一个井筒内布置四个箕斗或三个罐笼和一个平衡锤。由于高产高效采煤工作面的发展，为适应下放大件设备的需要，副井常设置一个可整体下放大设备的宽罐笼。随着晶闸管和计算机技术的发展，以及全数字控制技术的应用，使提升自动化水平日臻完善。带式输送机用于立井煤炭提升也将随着技术不断成熟，有进一步扩大使用的趋势。

参考书目

亚力山大·卡尔盖，严万生译《现代提升设备》，煤炭工业出版社，1983。

（陈永宽）

kuangjing touchan

矿井投产 (put into operation of mine)

矿井建设项目的各项工程按设计要求已经完成、已具备生产条件且经试生产考核达到竣工验收标准，由建设期转为生产期的过程。

矿井投产标准 ①矿井的提升、通风、排水、压风、运输、供电、供热、供水、通讯、排矸、原煤储装运、回采工作面设备安装等各生产系统以及辅助车间等已按设计要求建成，构成配套完整的生产线，形成综合生产能力。②矿井的防火、防水、防尘、防瓦斯、降温等安全技术措施工程和消烟除尘、场地绿化等环境保护设施已按设计要求建成，功能达到设计规定，且经联动负荷试运转和试生产考核合格并具备正常生产条件。③采区及工作面个数已按设计投产标准建完，工作面具备的生产能力和总长度，符合规定要求。④地面生产性工业建筑、构筑物已按设计建成，职工住宅、生活行政福利等民用建筑已按设计要求基本建成并能满足投产初期的需要，功能达到设计规定，质量符合标准要求。⑤生产准备工作能满足投产初期需要，建立了健全的领导和组织机构和有关生产的管理制度，完成了生产工人培训考核工作，具备一定数量的生产物资储备。

对于少数非主要设备、材料和工程未按设计内容全部备齐和完成，但对投产初期正常生产影响不大，可以先办理投产移交手续。

凡是已具备投产验收条件并开始生产出煤的矿井，应抓紧组织验收办理移交。

矿井投产的审批验收 矿井投产验收委员会对已完工程进行严格验收，对生产准备进行认真检查，经负荷试运和试生产考核完全合格方可批准矿井正式移交投产。矿井投产验收委员会由建设、设计、施工、环保、劳动、工会、银行、档案、卫生、统计、安全消防和有关协作单位的代表和专家组成，一般由政府主管部门审批。特别重要的项目，报国家计委或国务院审批。

矿井在计划投产时间的前半年（小型井三个月），由建设单位组织设计、施工单位成立验收办公室，负责具体验收工作。其具体职责是：①检查已验收单位工程的建设标准、技术档案和质量认证，对尚未验收的单位工程进行验收；②检查生产准备、联合试运和试生产考核情况；③检查生活行政福利等公用设施的完成和使用情况；④检查固定资产移交和财务决算情况；⑤组织编写“矿井竣工验收报告”、起草“矿井竣工验收鉴定书”；⑥向验收委员会报告预验收情况。

“矿井竣工验收报告”的主要内容有：①地质设计概况；②工程建设概况，包括施工承发包方式、施工技术经济指标和新技术的采用情况、建成标准、各生产系统形成及试生产中的问题及处理情况、生活及行政福利设施和环保设施等的完成和使用情况；③矿井建设工期、质量、和投资与设计的对比分析；④生产准备情况，包括生产机构、领导班子、技术骨干及生产人员的培训和配备情况，生产物资和技术准备，计划逐年产量、达产时间和措施；⑤交付生产工程清单和设备明细；⑥未完工程及施工排队；⑦主要设计变更及理由；⑧存在主要问题及解决办法；⑨固定资产清单和工程决算；⑩涉外项目合同规定的其他内容。

矿井竣工验收鉴定书的主要内容有：①对“矿井竣工验收报告”和“质量认证报告”的审查意见；②对“未完工程及遗留问题的处理意见；③对矿井项目建设的总评价；④向国家报告建成投产时间的决定；⑤对矿井投产后生产和达产的要求；⑥验收委员成员签字。

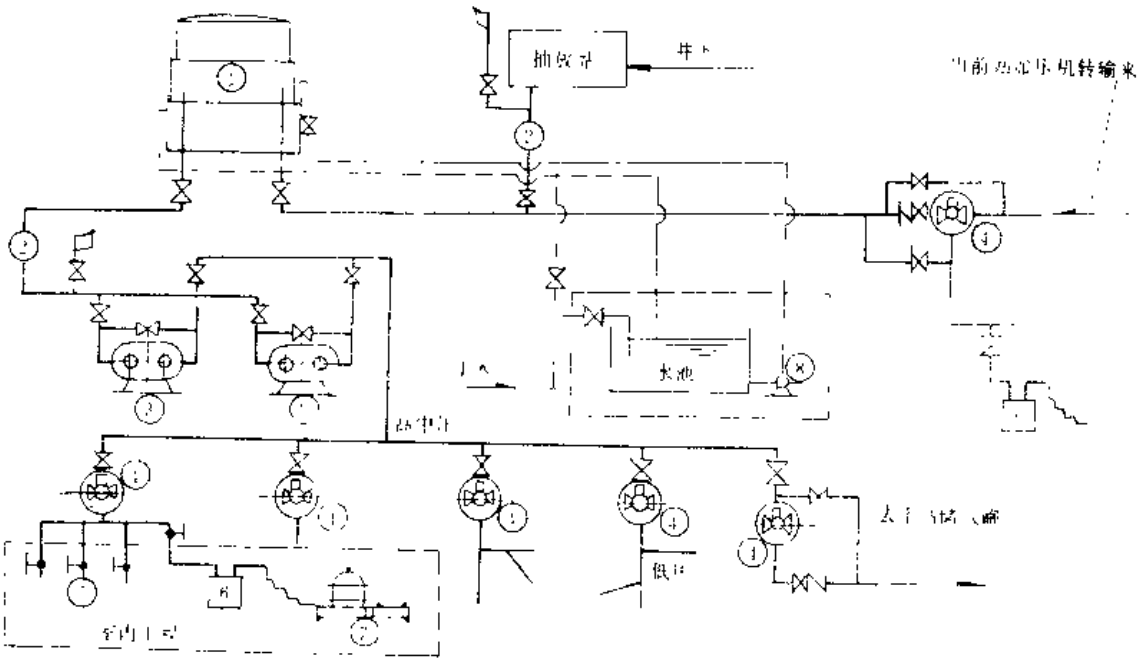
（张志稳）

kuangjing wasi liyong

矿井瓦斯利用　(mine gas utilization)　煤矿井下开发出来的瓦斯，通过输配系统送至用户使用的工程技术。瓦斯利用领域包括民用和工业应用。

矿井瓦斯民用　包括矿区城镇居民生活、社会公用事业和商业用燃气，要兴建一定规模的工程来实现。一般工艺流程如图。

矿井瓦斯工业应用　包括工业燃料、工业原料、瓦斯发电及供热等。



瓦斯利用输配系统示意图

1—低压湿式储气罐；2—防爆防回火器；3—加压机；4—调压站；5—旋塞；6—煤气表；7—双眼煤气灶；8—水泵

瓦斯作工业燃料　一般用户有玻璃陶瓷等建材窑炉，机械制造厂或修理厂的锻造、退火、砂型烘干等各种工艺热处理，小型钢铁厂的加热炉等。

瓦斯发电及供热　瓦斯高层次工业应用的典型是发电及供热。

瓦斯发电的基本条件是抽取的瓦斯中甲烷(CH_4)容积含量在35%以上时，可利用燃气轮机或燃气发动机发电及供热。

用于矿井瓦斯发电的燃气轮机组，现阶段多为小型机组，它有重量轻、启动快、冷却水用量小、安装方便等优点。20世纪70年代以来，应用燃气轮机进行煤矿瓦斯发电的工程技术发展较快。1972年日本北海道南大夕张矿建成了9MW供热、9t/h（蒸汽）的瓦斯电站；1978年英国北威尔士西海岸的艾尔岬煤矿建成1.2MW供热4.0MW的瓦斯电站；1985年澳大利亚堪培拉煤焦公司在悉尼西南的西崖煤矿建成了14.0MW的瓦斯电站。1987年中国煤炭工业部引进挪威康斯堡·德莱赛发电设备公司的KG2—3C型燃气轮机发电机组，在抚顺老虎台矿建成1.5MW供热7.0t/h（蒸汽）试验性瓦斯电站，1991年完成全部调试投入运行；之后，贵州六枝煤矿利用退役直升飞机燃气轮机发电0.4MW。

瓦斯作工业原料　主要用途有生产碳黑和合成化工原料。

瓦斯作原料制造橡胶工业用碳黑，生产机理是用单种燃气(矿井瓦斯或天然气)或重烃类油汽化后与瓦斯或天然气混合，在一定压力和温度下与空气进行不完全燃烧、裂解而生成黑色碳素微粒。生产工艺有：①炉法工艺是采用单种瓦斯(或天然气)与空气混合入反应炉生成碳黑，中国各矿区采用较普遍，如抚顺、阳泉、松藻、中梁山等；②瓦斯槽法工艺是采用与炉法相同的原料，在一定的压力下通入特制的燃烧器在火房内与空气接触燃烧，经往复运动的铁石槽冷却收集；③混气槽法工艺是采用重烃类油料（如煤焦油、蒽油、防腐油等）汽化后，与瓦斯或天然气混合入反应炉生成碳黑；

④混气无槽法工艺与混气槽法相似，在混气槽法基础上取消往复运动冷却槽，利用原料及反应器等生成碳黑。炉法工艺简单、设备少、投资低，适合于一般矿区或矿井采用。混气槽法与混气无槽法工艺较复杂、设备较多、投资较高，但生产的碳黑品质较好，适合于有煤焦油或其他重烃类油料的矿区或矿井采用。中国四川新源煤矿用自产煤焦油和瓦斯生产混气无槽法碳黑。

瓦斯作合成化工原料在中国发展较慢。20世纪60至70年代，利用矿井瓦斯直接氧化法生产甲醛，如抚顺、阳泉、淮南等矿区。美国柏克德公司用矿井瓦斯合成汽油的技术发展较快，新西兰 New plymouth 合成燃料公司建造的煤矿瓦斯合成汽油工程，1985年12月全面建成投产，生产能力达到日产人造汽油14500桶，耗用矿井瓦斯 3.75Mm³。

瓦斯利用工程 发展矿井瓦斯利用事业，要依据瓦斯的物理化学特性和矿区资源地理条件，建设项目要求：①确保防火、防爆、职业安全、劳动卫生；②合理利用资源，节约能源，保护环境；③履行有关瓦斯利用工程建设程序；④技术可行，经济合理，投资效果好。

兴建瓦斯利用工程的资源条件 ①可供利用的矿井瓦斯资源能连续服务15～20年以上，可供利用的资源是指该矿井可抽取的瓦斯储量，不是探明的保有计算储量。②建有完善的抽取系统和成熟的抽取工艺。③有3年以上抽取历史和运行记录，抽取稳定正常，达到每分钟抽取纯瓦斯量在 5m³ 以上，抽取浓度［即抽取混合瓦斯中按容积百分比折算的甲烷（CH_4）含量］在30%以上。

工程设计要点 ①合理布置输配系统，使供气管网覆盖全矿区各类用户。②根据供气范围和管网布局确定输配系统压力级制，选择储气、加压、调压设备和管材。③根据地形、气候、井下采掘布置，选择合适的敷设方式和埋深，以及穿跨越铁路、公路、桥涵、河流、采空塌陷区等障碍时的特殊安全技术措施。④气化用户中首先保证居民生活用气，其次是职工食堂、餐厅、旅馆、医疗卫生等公用事业和商业用气，发展一定比例的工业用气作为调峰和提高效益。⑤根据用气负荷，对各类用户的耗气量进行合理分配平衡。

（李孟式　谢瑞昭）

kuangjing xinxi xitong

矿井信息系统 （mine information system）

矿井对内、对外进行信息交流的网络。为矿井生产、行政和生活管理人员提供指挥生产，分析决策的数据。内容包括矿井通信、矿井监控和矿井计算机管理信息系统。

矿井通信系统 矿井通信系统以电话交换为主要通信方式，亦可在电话交换通道上使用不同的终端设备，如电视电话、传真机和计算机等进行图象和数据传递和交换。该系统主要有行政电话系统和专用调度电话系统，后者又分为生产、电力、运销等调度电话。行政电话是矿井内部管理、生产、生活服务部门及职工个人之间的电信联络设备，是煤炭专用通信网的基础部分，经它可连接煤炭专用网及国内国际电信系统。生产调度电话是矿井调度室与煤炭生产各环节专用的联络通信设备。

矿井通信系统设计应按以下6种因素考虑各种通信系统规模、传输信道与进网方式：①根据矿区规划、矿井年产量、全矿职工人数及发展规模确定通信站的站址、设备选型、初装容量和终期容量；②根据矿区自然环境划分通信配线区，如工业场地、居住区、风井场地、井下各采区等；③确定传输信道，如明线、电缆、微波、特高频等，矿井内部一般以音频电缆通信方式为主，辅之其它传输方式；④根据矿区生产管理模式确定矿井专用调度通信种类、规模，矿井一般均设生产调度系统，其它专用调度则视需要而定；⑤矿井电话网必须以人工或自动方式进入矿区煤炭专用通信网，并能通过矿井或矿区通信网进入本地区话网和长途网；⑥矿井通信系统设计中要有全网观念，符合本国专用网通信体制和技术标准，地面通信设备必须有邮电部颁发的进网证，井下通信设备、线路必须严格执行《煤矿安全规程》的有关规定。

根据通信方式和通信手段的迅速发展，数字程控电话交换机逐渐代替原有的机电式交换机；数字通信代替模拟通信；增设无线寻呼系统和甚高频、特高频无线移动通信，井下感应通信和漏泄通信系统代替载波通信，光纤通信也逐渐在井上下作为传输信道使用。

矿井监控系统 为煤矿安全和正常生产而进行的各种有关参数或状态的集中监测，并对有关环节加以控制，是保护采掘、运输、通风、排水等主要生产环节安全运行的重要设施。矿井监控系统包括矿井环境安全监测和矿井生产监控，矿井环境安全监测系统用于监测影响生产安全和矿工身心健康的井下环境因素，矿井生产监控系统用来监控煤炭生产主要设备的工况。监控系统一般由传感、传输系统和地面中心站组成。

矿井监控设计应考虑测点布置、监控系统的选择、系统功能的完善及与管理系统接口。矿井监测的具体内容及设置包括：①根据矿井瓦斯、通风、发火情况设置集中监测系统探头，以监测瓦斯为主，兼测一氧化碳、风速、环境温度、氧气、矿山压力、粉尘、湿度等

参量；②确定矿井主要生产设备的工况测点，对通风机、空气压缩机、水泵、提升机、采煤机组、电机车、主要运输胶带的运行情况进行监测以及煤仓煤位，罐笼、箕斗、胶带的煤量计量；③确定主要生产环节的集中操纵和集中控制；④根据井型大小、监测点数量和类型（开关量、模拟量和控制量）选择监控系统，一般趋向于选择时分系统，它能合理利用信道资源、与计算机接口方便、便于系统智能化，时分加频分系统亦有应用；⑤配置地面中心站设备，使其具有监控信息处理、显示、报警、打印和存储功能，信息处理设备主要为计算机，显示设备一般为CRT、多CRT、投影电视、大屏幕和模拟盘显示，监控系统软件应具有准确性、可靠性、易维护、易理解和便于操作，各种功能调用采用菜单式人机对话方式，软件还应具有实时性、处理误差小、死机率低、汉字显示、汉字及字符打印表格的功能。

随着矿井管理的现代化，监控系统已逐步纳入矿井计算机管理信息系统，必须考虑与管理信息系统的接口和软硬件配合。

矿井计算机管理信息系统 由人和计算机等组成的利用计算机技术、通信技术、管理科学来对煤矿企业内外部信息进行收集、加工、贮存、传递和利用的系统，它以矿井为对象，是矿井信息系统的重要组成部分。

矿井计算机管理信息系统能实现辅助决策、控制企业行为、预测趋势以帮助企业实现指挥和管理决策现代化。其实施要素是系统的观点、数字的方法、计算机的支撑。系统开发包括系统规划、系统分析和设计、系统实现和系统评价四个阶段。

煤炭企业计算机管理信息系统应重点开发统计、运销、财务、物资供应、地质、安全、基建、劳资、设备、人事等10个子系统。

矿井初步设计中已列入了计算机管理信息系统，主要内容是依据矿区总体设计和矿区计算机管理信息系统总体规划等文件结合矿井情况按系统目标、设计功能、数据处理量和约束条件，选择合理的计算机硬件、软件和网络系统并绘制矿井计算机管理信息系统图。

（张健美 张永祥）

kuangjing yasuo kongqi xitong

矿井压缩空气系统 （mine compressed air system） 为矿井风动机械供给压缩空气的全部设备和设施的整体。它由空气压缩机、风包、供风管路及附属设备等组成。压缩空气是采矿工业常用的动力之一，它不产生火花、安全可靠，风动机械过载能力强，适于冲击性和负荷变化大的工况。矿井常使用的风动机械和设备有风镐、风动凿岩机、混凝土喷射机、箕斗闸门气动启闭装置和机修风动机械等。

矿井压缩空气系统有集中式和分散式两种，集中式又有地面集中和井下集中之别。①地面集中式是井上、下所有风动机械使用的压缩空气均由集中设在地面的压缩空气站供给，该方式便于集中管理、用风量和用风时间能合理调配、工作条件好、便于维护检修，但供风管路长、钢材消耗量大、初期投资大、供风距离过远时风压不易保证。②井下集中式是在送风距离较远的低瓦斯矿井中将压缩空气站布置在井下主要运输巷道附近新鲜风流通过处，每台空气压缩机的能力不宜大于20m³/min，数量不宜超过3台，与储气罐要分别装在两个硐室内。该方式硐室温度高、噪声大、不利于维护检修、对空气压缩机寿命也有影响，现在已很少采用。③分散式是在井上、井下各用风设备附近分别设置小型移动或固定式空气压缩机，距离较近的风动机械可合用一台空气压缩机，它供风管路短、钢材用量少、供风质量高、使用灵活、移动方便、初期投资少，但管理分散、维修不便、井下散热条件差对空气压缩机寿命有一定影响。

空气压缩机选择 首先由各类风动工具的耗气量、台数及同时工作率，计算压缩空气站的供风量，根据供风量和风动工具所需压力选出合适的空气压缩机，压缩空气站的计算公式为：

$$Q=\alpha_1\alpha_2\gamma\sum_{i=1}^{n}m_i\cdot K_i\cdot q_i$$

式中Q为压缩空气总需用量，m³/min；α_1为管道漏风系数，取1.1～1.2；α_2为机械磨损使供气量增加系数，取1.1～1.15；γ为海拔高度修正系数，海拔小于1000m时取1，大于1000m时每增高100m，系数增1%；m_i、k_i为同型号风动工具的同时使用台数及系数；q_i为同型号每台风动工具的耗气量，m³/min；n为不同型号风动工具的类型数。

集中式压缩空气站内空气压缩机的台数不宜超过5台，其中1台为备用。中国煤矿集中式压缩空气站主要采用活塞式空气压缩机，压力范围为0.65～0.8MPa，排气量10～100m³/min。冷却方式多为水冷（亦有风冷），水冷系统有闭式循环和开式直流两种，闭式循环设有独立的水泵、水池和冷却装置，用于水源紧张的矿井。润滑方式分有油和无油两种，安装方式分有基础和无基础，使用较多的是有油润滑和有基础的空压机。

用于井下分散式压缩空气站的防爆移动空压机有螺杆式、滑片式和螺杆式，压力0.6～0.8MPa，冷却方式有水冷和风冷，整机组装在可移动的车架或撬座

上。空气压缩机是矿井主要噪声源之一，为达到压缩空气站内的噪声不超过 85dB 的要求，制造厂家除改进结构降低噪声外，设计和使用单位应采取吸气、消声、隔声等措施。

供风管路 干管多采用无缝钢管、直缝高频焊接及螺旋缝电焊钢管，分支管路可用水煤气输送钢管。玻璃钢管是新型材料，亦适合井下使用。井上、进风井筒，井底车场，主要进风巷可采用焊接连接，其余巷道、采区应采用法兰或柔性管箍连接。井上管路一般直埋冻土层下，非直埋部分，直线长度超过 100m 时，应装设伸缩器。在立井井筒中每隔 100～150m 装设中间直管座和伸缩器。供风管路在井筒入口、井下最低处应设油水分离装置，以排除管路中的油和凝结水。供气集中处应设置储气罐，储气罐的出口管路上应加装释压阀。

展望 美、德、英等国许多厂家主要在降低比功率、比重量，减小占地，降低噪声等方面改进和完善空气压缩机的性能。最先进的空气压缩机比功率在 5kW/m³·min 以下，比重量在 100kg/m³·min 以下，距机器 1m 远处实测噪声 85dB 以下，有的带有整体隔声罩。随着技术的进步，断水、超压、超温、润滑等安全保护设施更加完善，集中供风的风压、风量可实现自动调节，有些先进产煤国家的地面压缩空气站已达到不需人值班的全自动化水平。

（陈永宽）

kuangqu

矿区 （mining area） 对煤田统一规划建设和生产经营的区域。一般是一个煤田或煤田的一部分。多以矿区所在地的地名命名。现代矿区内是以煤炭开采加工为主的综合开发经营的联合企业，一般包括：矿井（露天矿）、选煤厂、坑口电厂、焦化厂等煤炭开采和加工的主体企业；辅助和附属企业（如机电设备修理厂、机电设备租赁站、总器材库、总坑木厂与木材综合加工厂、中心试验站、混凝土预制构件件厂、水泥厂、采石场、总火药库、汽车队及其保养场、地质勘探队、工程处等）；矿区地面运输（铁路、道路、水运）、供电、信息网、给水排水等矿区配套工程设施；矿务局及其附属机构、矿区中心区、居住区、总医院、中小学校、职工技术培训中心等行政和文教卫生设施。

矿区划分 矿区应本着下述原则划分：①满足国民经济或区域经济发展的需要；②适应煤田地质构造和煤层开采技术条件；③依据矿区开发建设条件（主要是铁路运输、供电、给水排水等）；④适应开发建设和生产经营的管理水平；⑤求得最大经济效益和社会效益。矿区总体设计中确定的矿区范围受法律保护。

矿区范围可由几十平方公里至数百平方公里，最大达数千平方公里；矿区储量可由几亿吨至几十亿吨，甚至数百亿吨。如中国乌达矿区南北长 10.5km，东西宽 3.5km，矿区面积约 35km²，储量 5.8 亿吨；神府东胜矿区南北长约 38～90km，东西宽约 35～55km，矿区面积约 3489km²，储量达 356 亿吨。多数情况下，一个中小型煤田就是一个矿区，由一个矿务局（公司）开发建设。特大型煤田，则可划分为几个矿区，由不同的矿务局（公司）进行开发建设，如山西沁水煤田，由北往南划分为阳泉、潞安及晋城三个矿区，分别由阳泉、潞安及晋城矿务局开发经营。有时几个煤田虽不相连，亦可规划由一个矿务局（公司）相继开发或同时开发，如义马矿区包括义马、陕渑、宜洛、新安及偃尤煤田，总面积 920km²，总储量 25.0 亿吨。

矿区境界 煤田或煤田的一部分统一规划建设和开采的范围边界。它涉及矿区建设规模，是矿区开发建设中具有全局性的问题。

矿区境界根据国家或区域经济发展对煤炭需求的规划、煤田勘探区地质特征与勘探程度、煤层赋存状况、开采技术条件、矿区建设条件、地形地貌等因素综合论证确定。

大型煤田划分矿区范围时，应充分利用自然境界（大河流或大地质构造）作为矿区境界，浅部以煤层露头为界，深部考虑留有后备区，为今后矿区的扩建发展留有余地，储量计算现阶段以垂深 1000m 为宜。矿区走向两侧境界要结合勘探边界、较大地质构造和地面自然因素、或人为划界。矿区开发时应按设计建设境界保护煤柱。先开发的矿区，应优先选择煤层埋藏浅、构造简单、施工和生产条件好、投资少、见效快、交通方便、对国民经济发展有重要作用的矿区。

矿区建设程序 按照国家规定的建设程序进行：根据批准的详查地质报告和项目建议书，依次编制矿区建设可行性研究报告和矿区总体设计；矿区总体设计经国家有关部门审查批准后，编制矿区建设组织设计和单项工程设计，经审查批准后做为指导施工建设的依据。

中国煤炭矿区简况 1949 年后，中国对老矿区进行了改造扩建，重点扩建的矿区有北京、峰峰、大同、阳泉、西山、本溪、阜新、北票、通化、辽源、鸡西、鹤岗、抚顺、徐州、淮南、萍乡、淄博、新汶、枣庄、焦作、观音堂、义马、南桐、天府、铜川、黄石、资兴、合山等 28 个矿区，收到了投资少、增产快、安全生产与技术经济指标显著提高的效果。同时先后建设一百余个新矿区，其中主要矿区有双鸭山、七台河、大雁、铁法、红阳、潞安、晋城、古交、平朔、伊敏河、神府

东胜、乌鲁木齐、哈密、兖州、大屯、肥城、龙口、淮北、潘谢、长广、乐平、连邵、平顶山、鹤壁、永夏、六枝、水城等。这些新老矿区的建设和扩建，改善了煤炭工业的布局，对国民经济和社会发展起了重要作用。

1992 年中国国营重点煤矿矿区有 127 处，矿井（露天）918 对，总设计年生产能力为 642.98Mt。（见表 1）。

表 1　中国国营重点煤矿矿区规模类型与设计生产能力表

矿区类型 Mt/a	个数	矿井数目	总设计生产能力 Mt/a	占总设计生产能力（%）
>1000	21	212	323.17	50.26
800～1000	7	100	63.01	9.8
500～800	14	94	78.31	12.18
300～500	23	162	90.47	14.07
100～300	42	274	76.87	11.96
<100	20	76	11.15	1.73
共　计	127	918	642.98	100

1992 年中国年产原煤 10Mt 及以上的矿区有 17 个，其简况（表 2）。

表 2　1992 年中国生产能力≥10Mt 的矿区

序　号	矿区名称	产　量（万 t/a）	矿井数目
1	大　同	30.72	15
2	平顶山	18.18	14
3	鸡　西	18.05	20
4	鹤　岗	17.40	10
5	开　滦	17.27	10
6	阳　泉	16.00	12
7	西　山	15.19	9
8	淮　北	14.24	12
9	徐　州	13.40	15
10	阜　新	13.10	12
11	双鸭山	11.47	11
12	兖　州	10.85	6
13	晋　城	10.85	3
14	蚌　埠	10.78	12
15	淮　南	10.38	10
16	铁　法	10.19	8
17	七台河	10.04	14
	合　计	248.11	193

随着科学技术进步和高产高效综采技术的推广应用，矿区建设规模趋向逐步增大，以求得规模经济效益。

（张连栋　刘宪邦　张子良）

kuangqu biandiansuo

矿区变电所　(mining area main substation)

矿区内完成电压变换并向几个矿井或露天矿及其它用电单位供电的设备（设施）布置中心及运行操控中心。它应靠近负荷中心、便于进出线和运输方便的地方设置，而且应尽量不压资源、少占农田。大型矿区供电电压为 110kV（直至 220kV），中、小型矿区为 35（60）kV，个别小矿区为 6（10）kV。设计时除确定变电所容量及选择相应配套设施、设备外、应考虑的内容主要有电气主结线、配电装置、二次回路等。

变电所设备　主要包括主变压器、高压断路器、电流互感器、电压互感器、电力电容器、限流电抗器、消弧线圈及避雷器等。正确、合理地选用性能优良、高效节能的设备，是保证供电可靠性和经济性的重要环节。

（1）主变压器。一般设 2 台，为适应负荷发展，亦可设 3 台。容量按 5～10 年规划负荷选择，并考虑当一台停运时，其余变压器的容量在计入过负荷能力后应保证一、二级负荷的用电，且不少于全部负荷的 75%。当变电所有三种电压、通过变压器各侧绕组的功率达到其额定功率的 15%时，可选用三绕组变压器。

（2）高压断路器。6～35kV 屋内配电装置一般用少油断路器，操作频繁时采用真空断路器，此类断路器安装在固定（封闭）式开关柜中。35kV 屋外配电装置可用多油断路器，110kV 的一般用少油断路器。35kV，110kV 屋内、外六氟化硫断路器已在工程中应用。

（3）电流互感器。6～35kV 屋内配电装置的电流互感器一般为树脂浇注或瓷绝缘。35～110kV 屋外配电装置的电流互感器一般采用油浸瓷箱式结构。一次侧额定电流应与回路和工作电流或继电保护的要求相配

合：当用于测量时，一般为正常工作电流的130%，以保证测量表计的指针处于良好工作位置；当用于变压器差动保护时应尽量减少差动回路中的不平衡电流。二次侧额定电流根据不同操作回路的要求采用5A或1A。二次侧容量和准确等级应满足测量表计继电保护及连接负载的要求，并按10%误差倍数校验。有条件时可采用附设在断路器或变压器套管内的电流互感器。

(4)电压互感器。6～35kV屋内配电装置的电压互感器一般用树脂绝缘或油绝缘结构，35～110kV屋外配电装置的电压互感器一般采用油绝缘结构。一次侧电压与系统额定电压相配合，二次电压一般为100V（线电压）或$100/\sqrt{3}$ V（相电压）。有附加线圈的电压互感器，三相组成零序电压过滤器，供绝缘检查用。在中性点非直接接地系统中，采用电磁式电压互感器时应有消振措施，防止系统运行状态突变时发生并联谐振。

(5) 电力电容器。矿区用电设备多数是电感性负荷，自然功率因数较低，需设电力电容器（或称移相电容器）进行无功功率补偿。

(6)限流电抗器。电网发生短路时，外部阻抗突然减小，引起短路，回路电流骤增，使导体和电器遭受电动力和温升的损害，为此在母线或出线上加装限流电抗器使短路电流不超过允许值。限流电抗器为一空心电感线圈，磁导、电感值均小，并为一常数，不因通过电流的大小而改变。通常是线圈绕好后用混凝土浇装成牢固的整体，又称水泥电抗器。电抗器有中间抽头时则为分裂电抗器。限流电抗器有水平、垂直和品字形三种布置形式，不同的排列方式对线圈的绕向和匝数要求不同。进出线端子角度有90°、120°、180°三种，分裂电抗器一般使用120°。普通电抗器和分裂电抗器的额定电流不小于回路中(或任一臂中)可能出现的最大工作电流。两种电抗器都按限制短路电流的要求选择电抗值，并作电压校验。

(7) 消弧线圈。矿区6～35kV电网为小电流接地系统。接地系统发生接地故障时过电压水平较高，为使接地电容电流不超过允许值，需在电网中性点处装设消弧线圈补偿接地电容电流，限制稳态和暂态过电压。消弧线圈为油浸、铁芯气隙可调电抗器，一般装在变压器中性点，采用过补偿方式，防止电网电容电流减少时处于谐振点运行。

(8)避雷器。避雷器型式的选择应根据安装地点和被保护电器的绝缘水平而定，应考虑以下几点：①额定电压，即安装处的系统电压；②灭弧电压，即避雷器能可靠灭弧的最大允许电压，保护配电装置应大于最高运行线电压，保护旋转电机或变压器中性点应大于最高运行相电压，直接接地系统运行电压应用<1的接地系数修正；③工频放电电压，即加在避雷器两端使间隙发生放电的工频电压、对于不保护内部过电压的普通阀型避雷器，其下限值应保证在内部过电压下不动作，上限值应便于在制造中控制冲击放电电压；④冲击放电电压，即在避雷器两端施加一定波形的冲击电压时，于放电前所达到的最高电压值；⑤残压，即冲击电流通过避雷器时在阀片上产生的电压降，应根据被保护电器的绝缘水平，选用在不同冲击电流作用下的残压。

电气主结线 输电及变配电设备按不同功能联结成的电力传输回路。主结线与变电所的电压等级、进出线回路数、主变压器容量和台数有关。主结线分为桥式（有外桥、内桥之别）结线、单母线分段结线、双母线结线、带旁路母线结线。外桥结线联络母线桥在进线断路器的外侧，适用于电源线路较短、主变压器操作机率较多的情况；内桥结线联络母线桥在进线断路器的内侧，适用于电源线路较长、主变压器操作机率较少的情况。桥式结线多用于不扩建的终端变电所。单母线分段结线，有两回线路供电的变电所，用断路器将母线分段，一段母线停电时，不影响另一段母线的正常供电。双母线结线，两条母线同时工作并通过母联断路器并联运行，供电可靠性高，调度灵活，一条母线停电时另一条母线仍可保障供电，该结线方式隔离开关倒闸操作次数较多，一般用于出线回路多、负荷重要的35～110kV的变电所。带旁路母线的结线，设置旁路母线可在检修出线断路器时不影响对用户的供电，当110kV出线超过2回且有单回线供电的用户，或35kV出线超过8回有不允许停电检修断路器时才设置旁路母线，6（10）kV一般不设置旁路母线。

配电装置 变电所内将电压相同的设备按电气要求排列，使之完成一定的配电功能。按电压分有高压和低压配电装置，按布置场所分有屋外、屋内配电装置。

屋外配电装置 将35kV或110kV设备安装在屋外构架或基础上。根据母线及母线隔离开关的安装高度分为中型、半高型及高型三种：①中型母线构架高度，110kV时为7m，35kV时为5.5m。母线下不布置电气设备，构架采用钢筋混凝土杆件和钢结构桁架，该方式运行历史长，施工、检修、运行维护都有较成熟的经验；②半高型是将母线及母线隔离开关升高，母线悬挂点高度一般为12.5m，隔离开关高度为7m，断路器及电流互感器等设备置于母线下面，它布置紧凑、清晰，占地少；③高型布置方式以双母线结线的工程较多，两组母线及母线隔离开关分层布置，能大幅度节约

用地，但钢材耗量多、土建费用较高，矿区变电所中很少应用。

屋内配电装置 按不同功能将电气设备布置在屋内。6(10)kV及以下设备均为屋内布置，35kV设备为成套柜时亦可在屋内布置。该方式占地少，安装、运行维护方便，防污染。在矿区变电所中应用较广。

二次回路 保护、控制、信号及测量回路的通称。是安全供电和保证电能质量的重要环节。变电所的控制方式分控制室内集中控制与配电装置上就地控制二种。电压等级高、出线数量多应集中控制，其电源分强电和弱电两类，强电回路为直流110V、220V，交流额定电流为5A，额定电压为100V；弱电回路为直流48V或按逻辑回路的设备电压，交流额定电流为1A或0.5A，额定电压为100V或50V。

保护回路 从电流(电压)互感器的二次侧与继电器或自动装置相连接，完成过电流、过负荷、短路、接地、过电压等保护功能的接线。应满足速动性、选择性、灵敏性和可靠性，保证系统安全供电。

控制回路 对断路器进行分、合闸操作，由三个环节组成，即：发布命令的控制按钮；传递命令的接触器、继电器、或逻辑电路；执行命令的操作机构和跳、合闸线圈。可在断路器安装处就地控制，或在主控制室进行集中控制。

信号回路 由灯光信号和音响信号两部分组成。前者判别故障的对象和性质，后者引起值班人员的注意。事故信号和预告信号有能重复动作、不能重复动作、就地复归、中央复归等方式。

测量回路 对主回路的电流、电压、功率、频率、电能、功率因数等参数进行监测，为运行状况的分析判断提供依据。交流测量回路从电流(电压)互感器二次侧接至测量仪表，直接测量回路其电流量一般经过分流器接入表计。

为提高电力网运行的可靠性、调度性和减少值班人员，矿区变电所的二次回路近几年随着计算机技术的发展已得到了应用。

参考书目

西北电力设计院，《电力工程电气设计手册(1)》，水利电力出版社，1989。

《电机工程手册（第五卷）》，机械工业出版社，1982。

（章典章）

kuangqu chuliang

矿区储量 (mining area reserves) 矿区境界内经地质勘探查明的煤炭资源量或其他矿产资源量。

矿区从国家批准立项建设至达到设计建设规模所需时间较长且耗资巨大，在确定建设规模时必须具有相适应的矿区储量，确保矿区均衡生产年限符合煤炭工业矿区总体设计的规定，使矿区开发建设获得良好的投资效益。

中国根据煤炭工业基本建设程序的规定，新建矿区在矿区建设可行性研究阶段和矿区总体设计阶段，应具有详查地质报告和详查储量。为了掌握煤层赋存条件、构造规律、开采技术条件和确定煤的加工工艺，使矿区总体设计建立在可靠的资料基础上，《煤炭工业矿区总体设计规范》规定，矿区总体设计应根据矿区详查地质报告，并附有1～2个井田的《精查》地质报告，以及批准的矿区建设可行性研究报告和环境影响评价书进行编制。

（张子良）

kuangqu daishi shusongji yunshu

矿区带式输送机运输 (belt conveyer transportation for mining area) 矿区生产的煤炭用带式输送机运往矿区选煤厂、筛选厂、装车站、码头或固定用户的一种矿区运输方式。带式输送机具有连续输送、生产能力大、自动化程度高、操作简单、管理方便、安全可靠、对环境污染小、对地形坡度适应性强、占地少等特点。

矿区运输常用钢绳芯带式输送机，它以细钢丝绳代替帆布层做带芯，胶带强度高（最高达68.6kN/cm），可实现长距离大运量运输，而且运行安全可靠、维护检修工作量小。中国山东龙口矿区北皂煤矿和梁家煤矿用钢绳芯带式输送机向龙口电厂供煤，输送距离长达2km，输送能力1000t/h，带宽1200mm，速度2.5m/s。非洲撒哈拉大沙漠（Sahara Desert）有一条由18台钢绳芯带式输送机组成的运输线运送磷矿石，全长96km，输送能力2000t/h，带宽1000mm，带速4.5m/s。

钢绳牵引带式输送机是以两根钢丝绳牵引胶带作承载的连续运输机械，带芯有横向钢条，胶带两侧耳槽架在钢丝绳上，钢丝绳绕过驱动绳轮摩擦传动。由于钢丝绳与托轮衬圈磨损严重、使用寿命短、维修费用高，中国尚未用于矿区运输。英国赛尔比煤矿将钢绳牵引带式输送机用于井下主要运输及斜井出煤，全长14.9km，输送能力2700t/h，带宽1050mm，带速7.6m/s。

（李国瑞）

kuangqu daolu

矿区道路 (mining area road) 矿区内各企业、生活设施之间，以及对外与车站、港口、公路干线等联接，供车辆和人员通行的工程设施。它由路基、路面（分柔性路面和混凝土路面）、桥涵、隧道、沿线附属设施和绿化等工程构成，是矿区生产运输、辅助生产运输和人员输送的重要交通运输工程设施。

中国国家标准将厂矿道路分为一级、二级、三级、四级和辅助道路五个等级。

矿区道路按矿区总体设计和矿区地面总体布置要求，结合矿区气候、地形、地质、水文等自然条件合理布设，以满足矿区各企业生产和职工生活对道路运输的要求。道路设计应遵循路径短捷、行驶顺畅、节约用地、避免水土流失、重视环境保护、尽量避开塌陷区等原则。道路等级及采用的主要技术标准，按矿区规模、企业性质、使用要求、交通量（包括人流量）、车辆类型和矿区发展等因素综合确定。为保证矿区道路正常使用，需设置运营管理机构，配备适当的养路设备、机具和人员进行道路的维修和养护工作。

（全 天）

kuangqu dimian yunshu

矿区地面运输 (surface transportation of mining area) 矿区范围内地面的煤炭、建材、设备、生活物资运输和人员运送的方式、布局、设施的统称。它也是沟通矿区内外联系的纽带。

矿区地面运输的主要方式有铁路运输、道路运输、带式输送机运输、管道运输、架空索道运输和航（水）运运输等。

铁路运输 具有运量大、运价低、连续性强的特点，能适应较长的运输距离，基本不受气候条件的限制，但基建工程量较大、建设时间较长、工程费用较高、对地形条件适应性差、占地面积较大、运输灵活性较差、管理较为复杂。矿区铁路按轨距分为标准轨和窄轨两种。标准轨铁路运输多用于与国家铁路运输网接轨和运量较大的矿区，窄轨铁路运输多用于运量较小、地形条件较复杂时的矿区运输。

道路运输 主要运输工具是汽车，具有灵活性大、占地少、适应性强、工程费用低等优点，便于矿区内外接网。是矿区广泛采用的一种运输方式。

带式输送机运输 是一种连续运输方式，适用于运量大、地形较复杂、服务年限长的矿区。

管道运输 是将粉末状煤炭制成浆状体利用管道进行输送的一种运输方式，具有输送量大、连续性强、稳定可靠、损耗量小及节约用地等优点。

架空索道运输 分为货运架空索道和客运架空索道两种，适用于地形条件复杂的山丘地带。

航（水）运运输 利用矿区范围内或附近的江河湖海，就近设港口、码头及装卸设施，通过船舶进行客货输送的运输方式，航运运输由于利用天然水面，具有占地少、投资省、运费低等优点。当装卸地点不靠近港岸时，还需要通过矿区道路、铁路、带式输送机等运输方式进行转运。

矿区地面运输设计 包括运输方式的选择、运输工程技术标准的确定、运输系统及其设施的布局、运输设备的选型、主要工程数量及设备数量的计算、运输组织机构的编制、劳动定员的配备、以及主要技术经济指标和投资效益分析等。

设计原则 ①满足矿区建设、生产、生活对运输能力和运输方式的需求，并预留扩建发展余地。②应与矿区外部运输相协调，系统衔接合理，使货流顺畅、减少中转、缩短运输周转时间，降低运输成本，避免倒流或折角运输。③采用多种运输方式时，应使各种运输方式分工合理、形成有机的运输整体。④运输系统布局合理，并与矿区总体布置及地方各项规划相协调，美化矿区景观，符合环境保护要求。⑤运输方式的技术条件和标准应符合国家现行技术规程、规范的规定。

设计依据 矿区内客、货的运量与流向是地面运输设计的重要依据，其主要组成包括煤炭、矸石、设备材料、地方货运及旅客运输等。

（1）煤炭运输。是矿区运量中最主要的部分，由矿区各矿井、露天矿和选煤厂的生产能力、煤炭品种确定。可划分为原煤直接外运数量、运送选煤厂的入洗煤数量、运到坑口电厂的燃用煤数量、洗选后产品煤的外运量等。煤炭运输的流向应根据煤炭品种、煤质、用户需求等因素确定，并考虑外运通道的运输条件。

（2）矸石运输。是露天矿、矿井、选煤厂在建设和生产过程中排弃矸石的搬运过程，其运量可根据露天矿或矿井的采掘进度及矿（厂）的生产能力计算确定。充分考虑将废弃矸石用于填充塌陷区进行复垦、填筑铁路或道路路基、运到建材厂加工成建筑材料等，以实现废弃矸石的综合利用。

（3）设备材料及其他物资运输。矿区建设和生产过程中所需各类设备、器材、坑木、油脂以及生活物资等的运输量及运输路径。

（4）地方货运。矿区各种运输方式服务于地方及乡镇企业的工业和农副产品的输送品种、数量及运向分析。

（5）人员运输。矿区范围内为职工上下班开行的

通勤列车及为地方开行的旅客列车运输。职工通勤车运输具有在上下班时间人流量集中的特点。

（朱恩济　金　文）

kuangqu dimian zongti buzhi

矿区地面总体布置　(general surface layout of mining area)　矿区内工矿企业、公用工程、矿区中心区、居住区和矿区行政、文教、卫生设施等地面工程的统筹规划和布局。

矿区地面总体布置的任务包括：①确定生产企业、辅助与附属企业、矿区行政与文教卫生设施、居住区及矿区公用设施工程等项目的规模和建设顺序；②选择和协调各工矿企业、居住区、矿区中心区及公用设施的建设场地，确定公用设施的生产运营方式、网络布局和线路路径；③综合布置矿区内各辅助企业和附属设施，使其构成有机整体；④规划矿区综合利用企业，协调与外部企业的联系；⑤协调矿区建设与地方工业、农业的关系；⑥规划矿区环境保护目标并落实相应工程；⑦提出经济论证，为编制矿区内各单项工程设计和矿区建设项目任务书提供基础资料。

矿区地面总体布置应根据地形、地貌、地质条件与井田划分、井田开拓、外部运输方式、环保安全要求以及当地的区域和城镇规划等综合考虑确定。布置原则有：①在保证矿区井田合理开发的前提下，协调井下开拓与地面布置的关系，保证地面布局的合理性；②按照布局合理、经济合理的原则，处理内部与外部、集中与分散、近期和远期、临时和永久等相互配合关系；③矿区工矿企业、居住区、矿区中心区和公用设施等的规划布局应与区域规划（当地工农业、农田、水利、交通、供电、通信等规划）和邻近城镇规划相协调；④结合经济发展区域规划，对以矿区为依托的工业企业，进行综合布置；⑤根据矿区开发顺序，在技术经济合理条件下，将同期建设项目尽量靠近布置，分期建设工程应分期征用土地，对有发展可能的工程项目应留有发展余地；⑥扩建及老矿区附近的新建矿区，应充分利用既有场地及设施；⑦充分利用矿区内资源和生产中的“三废”物资，根据矿井分布情况和运输条件，合理设置附属企业；⑧矿区行政、文教、卫生等设施及矿区辅助企业和居住区按建成矿区中心区的原则集中或分片集中布置；⑨矿区内各工矿企业、居住区、公用设施等场地选择，应满足总平面布置及用地要求，充分利用荒山坡地，不占或少占良田果园，不拆迁或少拆迁村庄，不占用国家保护的文化古迹、风景名胜及自然保护区，尊重少数民族的风俗习惯和宗教信仰，不压或少压可采煤层（特别是初期回采的浅部煤层）和其他有开采价值的矿床，不受洪水和内涝水威胁，避开滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、采空区等不良工程地质地段，符合与航空站、通讯设施、军事工程、爆破材料厂（库）等安全间距和技术方面的要求；⑩矿区防洪排涝规划要结合地区的工农业生产建设规划、地区或河段的防洪措施及矿井开采后的地表形态变化，统一考虑。

矿区中心区　由矿务局（公司）机关及附属机构、矿区辅助及附属企业联合（或集中）居住区形成的规划区域。它规模大、机构多、占地大，对矿区生产建设、地区经济发展和城镇建设都有重大影响。矿区中心区的选址和规划应与地方城镇发展相协调。20世纪70年代以前，一般以中小型矿区为主，以矿区为单位设置矿务局，形成许多小而全的密集矿区中心区（矿务局）。80年代起，开始建设大型矿区，将生产、生产服务和生活服务统筹安排，管理体制和布置分开来规划矿区中心区。某些新矿区已不再独立设矿务局，而设矿区中心区。布置和规划矿区中心区时，应考虑：①位置应选在内外联系方便的适中地段和无煤区，结合当地城镇规划形成相对独立的区段；②矿区中心区的工程项目及规模应与矿区规模相适应，规划期限与矿区开发周期相协调，按照矿区建设顺序，统一规划、分期建设，并留有发展余地；③辅助附属企业宜分区集中布置，避免对居住区的污染和干扰，铁路、过境公路避免分割和穿越中心区；④考虑男女劳力的平衡，应安排一些以女劳力为主的综合利用、多种经营等附属企业和第三产业；⑤辅助附属企业与集中居住区一般列为单项工程。

辅助企业有向社会化、地区化、专业协作方向发展的趋势，使中心区的辅助企业项目逐渐减少。有条件依托城市建设的应选址于城市，多种经营和第三产业的发展，使矿区中心区的规划建设增加新的内容。

煤矿居住区　煤炭企业职工和家属的集居地。20世纪50年代中国称为煤矿工人村和工人镇，70年代末统称煤矿居住区。居住区的布局形式决定于矿区规模和矿井的分布，以往多为分散多点布局形式，规模小，服务设施不全，职能单一。80年代以来，多采用集中或集中分片布局形式，居住区与工业场地的距离一般不大于2.5km，否则应有通勤交通设施。煤矿居住区的规模一般相当于城镇的居住小区，多矿联合建成集中居住区或矿区中心居住区时，相当于城市的居住区级。

多数矿井远离城镇，居住区具有以下特征：①居住区的边界通常是自然农田、村落、山川河沟和铁路公路等；②居住区内有一定规模的单身宿舍和施工用房区；③生活服务公共建筑、公用工程管网多数自成系统，公建项目一般多于城镇居住区相应各级的数量；④居住

区结构形态不断扩大发展，特别是商业服务用房要适应多种经营的需要，设计要预留规划发展区，选址要避免压占可采煤层；⑤独立居住区常为职能单一的生活居住区，其兴衰直接受矿井服务年限的影响。

居住区规划要按地方或煤炭行业有关规定、规范和定额指标等进行选址，对住宅群体布局、道路交通、生活服务设施、公用设施和工程管线、绿化和游憩场地等进行综合安排。

矿区行政设施 矿务局及其附属机构的统称。矿务局是矿区的经营管理、生产指挥中心，附属机构是矿务局执行行政、生产指挥而设立的下属机构，一般设有中心试验室、综合工程队、地质勘探队、印刷车间(厂)、供电工区、信息及计算机管理系统中心、招待所、文化宫等。矿务局办公楼的面积依《煤炭工业矿区总体设计规范》按矿区规模及局工作人员的数量确定，位置应选在内外联系方便的矿区中心区或城市中。矿务局及其附属机构应结合矿区生产的发展，统一规划设计在统一设计的基础上分期建设，逐步完善。

矿区文教设施 矿区为职工子女实施教育的中小学、就业前培训的技工学校、职工在职培训的培训中心等设施的总称。小学一般设于煤矿居住区内。矿区中学应根据适龄学生数量及分布情况，考虑中学的服务半径及每所中学应达到的规模统一规划布置。技工学校与高中学生的比例应按矿区特点和当地教育部门的规定确定，专业按矿区需要设置，一般有采掘、电力、机械等。为提高职工的技术水平，对在职职工要定期进行技术培训，大中型矿区一般单独设立培训中心，小型矿区可与矿区中学或技工学校合建。高级中学、技工学校、培训中心宜设在矿区中心区或矿务局所在地。

矿区卫生设施 一般包括矿区总医院、职业病防治院(所)、独立门诊所、井口急救站、卫生防疫站、职工疗养院等。

矿区总医院是为全矿区职工服务的主要综合性医院，它担负各基层单位分院、独立门诊所、井口急救站无力承担的各种疾病的诊断和治疗，科室安排、医护人员配备、医疗器械、检验手段均应较齐全和完善。总医院、分医院、独立门诊所的规模应根据矿区规模、职工人数、下属企业医疗设施的分布情况决定。一般按每千职工18～20个床位计算，建设规模分50、100、150、200、300、400、500个床位，建筑面积按国家现行有关规定执行。分院、门诊部可设在集中居住区和居住区。井口急救站设在矿井工业场地行政公共建筑内。总医院的位置应选在：①矿区内外联系方便的适中地段，有利于矿井救护和当地居民就医；②环境条件好，不受人、车流及噪音干扰和无污染的地方；③医院产生的废水、病菌不能对环境造成污染，通常置于矿区中心区或矿务局所在地中符合上述条件的地段。

职业病防治院(所)担负煤矿生产中常见的职业病的预防和治疗，如受粉尘污染而感染的矽肺病、缺少紫外线照射引起的血液病、长期在潮湿环境中作业引起的关节炎等，此种疾病治疗周期长，暴发、抢救的机率小，可置于矿区内环境优美、交通方便的地段。可与总医院联合设置或在矿区外单独设置，亦可与治疗性疗养院联合设置。

职工疗养院是矿区职工休息、病后恢复或慢性病治疗的场所，它分单纯健康疗养和兼有慢性病治疗功能的疗养两种。后者如温泉疗养院等，由于受矿区规模、自然条件等因素的制约，可由矿区独立设置，也可由数个矿区联合设置，选址不受矿区所在地域的限制，一般选于风景优美、气候宜人、交通方便或具有水疗、泥疗等理疗资源的地方。

矿区公用工程 维持矿区生产建设和职工生活所需的地面运输、供电、通信或信息网、给排水、供热、污水处理、垃圾处理、煤气供应、防洪排涝等工程项目的总称。矿区总体设计时经综合论证确定公用工程项目、项目的规模、主要技术原则、布置及投资估算。一般将矿区铁路、道路、供电、通信或信息网、污水处理厂、垃圾处理厂、煤气厂、防洪工程、排涝工程分别列为单项工程。对集中居住区、矿区中心区或辅助企业区，将共用的供电、给排水、供热、道路、动力照明及通信线网合并为单项共用工程。

发展趋势 随着科技发展，煤矿生产机械化、自动化程度和管理水平不断提高，煤矿和矿区生产规模日趋扩大，交通、通信设施日益更新，矿务局的管理和矿区辅助、附属企业的服务半径不断增大，从而促使矿区地面总体布置的区域范围越来越大，工矿企业，行政、文教、卫生设施及居住区布置更加集中，矿区公用设施日趋完善，文教、卫生及居住条件进一步提高，形成矿区中心向都市化发展的总趋势，同时也越来越重视环境保护的规划设计。

(刘一峰　张遇芳　郑少辉　郁操政)

kuangqu fanghong

矿区防洪 (flood precaution in mining area)

为防止或减轻洪水、内涝对矿区所造成的灾害而采取的防范措施。一般指修建调洪水库、修筑堤防、整治河道、挖沟排洪、开辟分洪渠道及植树造林等。

矿区防洪设计的原则：①慎重选择井口位置与工业场地及其防洪设计高程；②因地制宜、全面规划矿区的防排水系统，分期施工、逐步完善，发挥已有防洪排

涝工程的效益；③防洪设施的布置要注意地质构造、煤层产状和开采后地表形态的变化，防止洪涝积水渗入井下；④防洪排涝工程要与流经矿区河流的全流域治理规划相协调；⑤要与矿区内城镇、农田、水利、工业和道路建设等规划相结合；⑥按工程性质、规模大小、受灾损失恢复难易等因素，分别执行国家和地方的有关标准和规定。

设计频率 为使防洪设计达到安全和经济的要求，依据工程规模、性质和遵照中国《煤炭工业矿区总体设计规范》的有关规定，选择某一洪水频率作为设计标准，此频率称设计频率，用百分数表示。

校核频率 借助防洪设计的超高值，使工程在洪水大于设计标准或非常情况下，仍能发挥原有作用的安全检验标准，其相应的洪水频率称校核频率，又称校核标准。校核频率高于设计频率时，满足校核频率的工程安全程度高，但投资大，只对少数重要工程设校核频率。如中国大、中型矿井井口防洪设计频率为1/100，校核频率为1/300。当计算的矿井井口防洪设计高程低于校核标准的高程时，需将设计高程增至校核标准，或采取其它有效设防措施。

防洪设计标准 根据企业性质、规模大小、受淹损失和恢复难易程度等因素综合考虑，并应符合下表规定。

防洪设计标准

企业规模及工程性质	设计频率	校核频率
大、中型矿井井口	1/100	1/300
小型矿井井口	1/50	1/200
大、中型矿井、大型选煤厂等工业场地	1/100	
小型矿井、中、小型选煤厂、矿区机电设备修理厂等工业场地及居住区	1/50	

防洪设计高程 在防洪设计时要考虑构筑物本身所能防御洪水的能力按照工程规模和重要性所拟定的建(构)筑物在使用期内可能发生的洪水高程。它直接决定了水工构筑物的尺寸和桥涵孔径，也是厂矿企业的场地、矿井井口、河堤、路堤等高程的依据。设计高程主要采用频率分析法计算，其计算式为：

$$H=H_1+H_2+H_3+\Delta h_1-\Delta h_2$$

式中 H 为防洪设计高程，m；H_1 为与设计频率对应的洪水水位，m；H_2 为波浪爬高，小河流和水深小于1m时可以不计，m；H_3 为壅水高，在桥涵前的场地要考虑此值，m；Δh_1 为安全加高，平原地区为0.5，山区为1，m；Δh_2 为凹岸水流离心力形成的超高，$\Delta h_2=v\cdot B/R_1g$，m；v 为洪水流速，m/s；B 为河道水面宽度，m；R_1 为河湾曲率半径，m；g 为重力加速度，9.81m/s^2。

矿井井口高程尚应按照校核频率相对应的洪水水位高程进行对照，选用两者中的最大值。

计算和选定防洪设计高程时，当观测洪水(包括调查可靠、有重现可能的历史洪水)高于防洪设计高程时，应按观测洪水位设计；当观测洪水位低于防洪设计高程时，则按防洪设计高程设计；受洪水和内涝威胁的矿区，如地区性防洪堤的设计频率与矿区防洪标准相符时，可按防洪堤内内涝水进行防洪设计。

发展概况 20世纪50年代初，中国由于设计经验少、缺乏系统的基础水文资料和符合实际的水文计算公式，常依据不完整的资料确定矿井井口及工业场地的防洪设计高程，曾造成淹井事故。50年代末，新矿区防洪排涝规划设计内容和依据日趋完善，设计科学性大幅度提高，淹井事故随之减少。80年代末，在山区、丘陵和江河腹地(如华东地区)地势低洼、内涝积水较深的地区，采用提高井口及工业场地标高等多种有效防洪措施，保证了矿井安全，取得了显著成效。

(余国瑞 刘一峰)

kuangqu fuwu nianxian

矿区服务年限 (mining area life) 矿区开采的年限。即从矿区第一对矿井建成投产起至矿区生产衰减到最后一对矿井报废的整个生产年限。

矿区服务年限包括矿区产量递增期、均衡生产期和产量递减期三个生产年限。

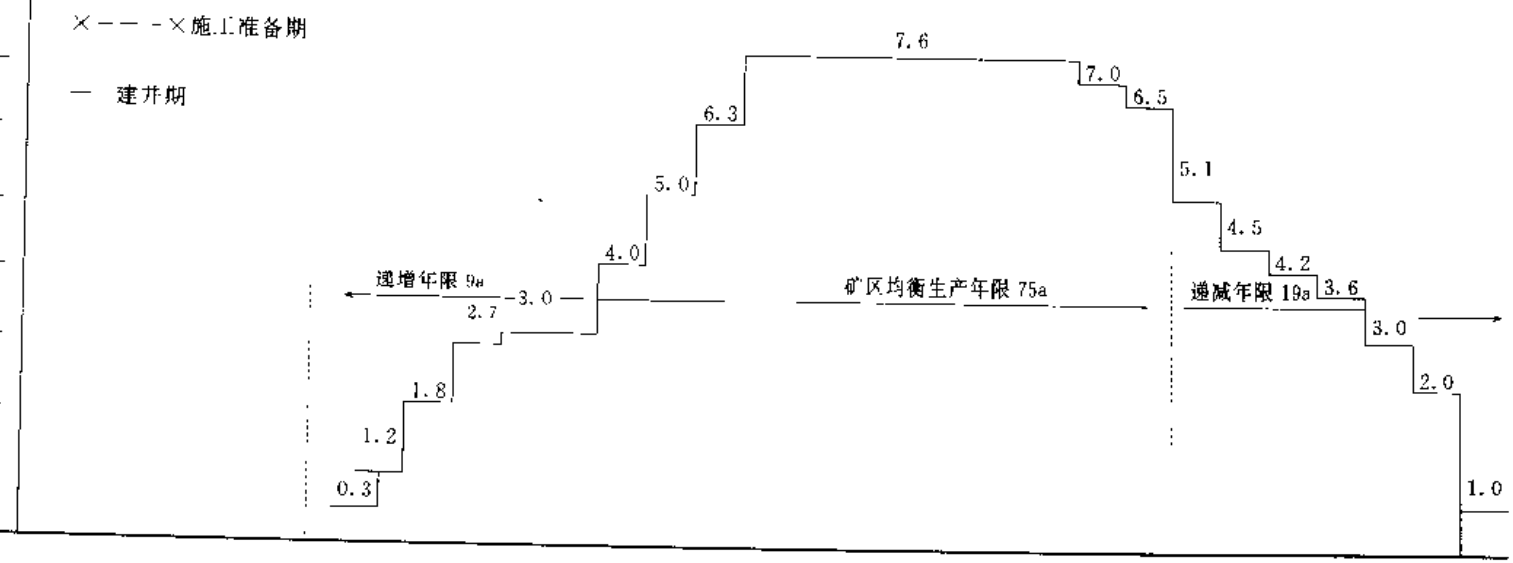
①矿区产量递增期，是把纳入矿区建设规模的矿井(露天矿)，按确定的矿井建设顺序逐步建成并形成矿区建设规模的年限，即从矿区第一对矿井建成投产至全部矿井(露天矿)建成并形成矿区建设规模的年限(计算中一般规定在矿区年生产量达到或超过矿区设计建设规模85%)；

②矿区均衡生产期，是矿区年产量长期保持设计建设规模的生产年限。计算时可按矿区年产量达到并保持建设规模85%及以上的生产年限。

矿区均衡生产年限是决定矿区建设规模的重要原则和条件。矿区建设规模确定偏大，均衡生产年限就偏短；反之，建设规模偏小，均衡生产年限偏长。为了保证矿区长期稳定供应煤炭和发挥矿区工程投资效益，矿区必须有合理的均衡生产年限，以保证矿区建设规划布局的合理性和稳定性。中国《煤炭工业矿区总体设计规范》(MT5006—94)规定，不同矿区建设规模的

表 2　矿井建设顺序及矿区产量规划表

名称	井型 (Mt/a)	建井工期 (月)	服务年限 (a)	矿井建设顺序及产量规划 (Mt/a)																																		
				1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007～2010	2011～2020	2021～2030	2031～2040	2041～2050	2051～2060	2061～2070	2071～2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086～2090	2091～2095	2096～2100
一矿	1.5	60	86	×……×						0.3	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	0.3			
二矿	1.5	60	76		×……		×					0.3	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		1.5	1.2	0.7	0.3							
三矿	4.0	84	88				×	…	…	×							1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	1.0	4.0	4.0	4.0	4.0	1.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	1.0
四矿	0.6	60	71								×……×							0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3						
矿区	规模 7.6Mt/a		年限 103a																																			
	矿区产量比例(%)									3.9	15.8	23.7	35.5	39.5	39.5	52.6	65.8	82.9	100	100	100	100	100	100	100	92.1	85.5	67.1	59.2	55.2	47.4	39.5	26.3	13.2



均衡生产年限不宜少于表1规定。缺煤地区均衡生产年限可适当缩短，但不得小于表中规定值的85%。

表1 矿区的均衡生产服务年限

矿区建设规模 (Mt/a)	均衡生产服务年限 (a)	矿区建设规模 (Mt/a)	均衡生产服务年限 (a)
>15	90	>5~8	70
>10~15	80	>3~5	60
>8~10	70	1~3	50

矿区均衡生产年限在没有特殊条件限制时（特殊煤种的保护开采）不宜过长，过长说明矿区开发强度偏低，煤炭资源被不合理积压。

矿区均衡生产年限由编制的矿井建设顺序和产量规划表求出。

③矿区产量递减期，是矿区产量从低于矿区建设规模（年产量低于设计规模85%）起，至衰减到最后一个矿井报废的年限。

矿区服务年限由编制矿井建设顺序和产量规划表求出。（上页表2）是一个新矿区矿井建设顺序和产量规划表，该矿区（设计）服务年限103年，产量递增期9年，均衡生产年限75年，产量递减期19年。

加快矿区建设速度，尽早达产以缩短矿区产量递增期，矿区才能尽快发挥投资效益。

矿区产量递减期，在实际安排上应注意适度的衰减过渡，以利矿区各项企业设施进行调整。

参考书目

《煤矿矿井采矿设计手册》，煤炭工业出版社，1984。

（刘宪邦）

kuangqu fuzhu qiye

矿区辅助企业 （auxiliary enterprise in mining area） 为矿区煤炭开采、选煤等主生产企业直接提供产品、供给和维护服务的产业部门之统称。

矿区辅助企业的项目组成和建设规模取决于矿区建设的内部和外部条件。内部条件为矿区建设总规模、矿井和选煤厂的组成、矿井开拓方式、选煤工艺、采掘机械化程度、煤炭开采的自然条件、企业的管理水平等，决定了矿区对辅助生产的需要量，如机电设备年修理量、生产所需物资年消耗量等。设计时应根据本矿区总体设计、技术发展、管理进步和充分发挥企业的最大效益等因素，并依据矿区建设的外部条件，即矿区辅助生产外委协作的数量，来确定矿区辅助企业的项目组成和建设规模，应尽量将矿区各类辅助生产外委协作，在保证正常煤炭生产的前提下，减少辅助企业和设施的项目和建设规模，以节约投资。

厂（库、场）址选择，一般原则是：靠近负荷和服务范围中心，避开地下可采煤层和其他矿产资源，无法避开时应避开近期可采资源，避开洪涝灾害威胁、不良工程地质地段和文化古迹；建材厂应靠近主要原材料产地，爆破材料总库、总石油库、救护队和消防站等企业和设施应按有关安全防护规程的要求分别布置在安全和交通方便的地区；一般的辅助企业和设施宜集中，并与矿区中心区和中心居住区联合设置。

由于矿区建设周期较长，矿区辅助企业和设施宜一次规划、分期分批建设。各个辅助企业和设施的建设顺序与分期，应按矿区各矿井、选煤厂的建设进度，满足其生产需要为原则。

矿区辅助企业主要包括：机电设备修理厂、机电设备租赁站、总器材库、总石油库、总贮木场（总坑木场）、爆破材料总库、预制构件厂、矿区汽车队（总汽车运输公司）、汽车维修设施（矿区汽车修理厂）、矿山救护队、矿区消防站和矿区中心试验站等。矿区铁路自营时还可设铁路机车车辆修理设施。

机电设备修理厂 煤矿使用的通用大中型机电设备和专用设备，一般均委托该行业的专业厂修理；矿区使用数量少、技术要求高的设备，一般在煤炭行业内组织骨干制造厂或专业修理厂修理；其他使用数量多、通用性大的设备，则在矿区设机电设备修理厂修理。

中国多数机电设备实行定期计划预防维修制，按不同的检修内容和工作量，分为日常检修、一般检修和大修理（大修）三个修程。机电设备修理厂主要承担设备的大修理和一般检修，日常检修和技术维护由各矿井、选煤厂等企业的机修车间承担。按修理作业的地点，煤矿机电设备修理分厂外修理和厂内修理二类。矿井和选煤厂的大型固定设备，如矿井主提升机、主通风机和多数洗选设备等，是根据设备的磨损情况，预先制定修理工艺文件，准备好配件，修理辅具和专用工具，在设备操作维护人员的配合下由机电设备修理厂派出外修队在设备安装现场修理。中小型机电设备一般都进厂修理。机电设备修理厂一般由矿山机械修理、矿山电气设备修理、金属结构件修理等主要生产车间，和辅助生产车间、仓库、动力暖卫设施等组成。任务重的修理车间可划分为更专业化的车间，任务量小的地区也可将几个修理车间合并成一个综合修理车间。外委协作困难的地区，根据需要也可设铸造、锻工、铆焊、机械加工和热处理等车间。

机电设备在其使用期内耗用的修理和技术维护劳

动量及物资消耗，要超过制造时的许多倍。除了改进修理工艺技术外，当前机电设备修理正朝着以设备故障诊断技术为基础、用针对性的项目修理代替定期计划预修以减少过剩修理或修理不足和以设备或零部件为对象实行专业化修理实现修理工作社会化、提高修理质量和效益、节约修理费用。

机电设备租赁站 承担煤矿机电设备租赁，负责租赁设备的采购、验收、出租、维修、更新，并对用户进行技术服务的企业。实行机电设备租赁可以简化矿井管理，加快设备周转，提高矿区机电设备利用率，减少设备占用资金和管理费用，实现矿区机电设备修理集中化、专业化。

设计租赁站时应注意提高租赁设备周转率，以减少贮量和建设规模。租赁站的设备库只应贮存在籍移动设备中扣除已出租、在检修和在途运输后的剩余部分。租赁设备的修理和运输应外委。设计应提高库房利用率和减少装卸作业环节，通过技术经济论证决定采用单层库、楼库或高货架立体仓库。

租赁站由待修设备露天堆放场地和各类设备库组成，一些矿区还包括配件库、油脂库和油脂分析室、设备故障诊断试验室等。根据租赁站的规模，库房可合并或分成更专业化的库房。

中国一般按矿区组建机电设备租赁站，随着煤炭生产集团化的发展和充分利用各矿区的闲置设备，也可组建跨矿区的机电设备租赁站或其他专业设备租赁站。

总器材库 矿区生产所需物资的储存供应中心。所需物资主要为设备、配件、材料、工器具、职业劳动安全用品和生产用杂品等。矿区设总器材库，各矿厂设置供应站，负责短期贮存和换装。坑木、爆破器材、实行租赁的设备及矿区个别企业的专用物资等在矿区内另设专门企业负责储存供应。

总器材库一般由设备库、小型机电产品库、配件库、五金工具器材库、劳保杂品库、金属材料库、电工器材库、化学品库、建筑材料库等组成。没有总油库的矿区，总器材库还包括油脂库。按物资储存的规模，一些库房可合并或分成更专业化的库房。根据矿区具体条件，可设废旧物资回收利用库。

总器材库中各类物资的储存量要能保证矿区正常生产的需要，即根据各类物资消耗量和市场供应条件，按经济订货批量和经济订货周期确定各类物资的经济储备定额。

储存方式 按各类物资的性质和储备定额，分别选择露天库、棚库、室内库、贮槽或料仓等。室内库又分单层库房、多层库房（楼库），单层库房又有低货架（货架高小于 5m）、中高货架（货架高 5～12m）和高货架（货架高在 12m 及以上）等几种。在选用储存方式和存储机械化方案时应按货物类别、年周转总量、仓库总容量和储存密度等因素综合考虑。重大物件常用露天地面堆垛储存和单层库房低货架储存，存取机械常为龙门和桥式起重机、桥式堆垛机，也可采用叉车；年周转量小的轻小货物常采用人工存取的低货架或移动式货架；年周转量大的轻小物件常用集装单元配合中高或高货架，用堆垛叉车或堆垛机存取。

库内作业流程分为穿流式和回流式两种。穿流式作业仓库的验收和发货区分设在库房两端，形成货物由验收至发货的直线流水作业，适合货物品种繁多、周转量大的仓库。回流式作业仓库的验收和发货区布置在库房的同一地点，适合于周转量小、物料整包搬运的仓库。

仓库面积 按储存物资的性质、储备定额和物资品种繁杂情况，分别用有效荷重指标法、物料分析法和概略指标法计算确定。①有效荷重指标法是根据物资储备定额、不同储存方式单位有效面积荷重指标、仓库面积利用系数等计算仓库面积。②物料分析法是根据所储各种物料的数量、外形尺寸、储存容器（托盘、货柜等）需要量的详细分析，计算货架数量或地面堆放货柜数量，按货架和货柜的布置确定仓库面积。③难以计算储备定额的物资（如劳保杂品）可用概略指标法确定仓库面积，概略指标可用单位矿区建设规模（如万吨煤产量）所需某类物资的库房面积，或其他单位相关量的所需库房面积表示。

为加速总器材库物资的周转，在矿区总体设计阶段，应通过物流规划实现矿区生产物资储存包装单元化、储存设施统一化系列化和采用集装运输。

总贮木场 承担全矿区生产用木材（主要是坑木）贮存、加工、供应的辅助生产设施。又称“总坑木场”。

总贮木场应根据矿区支护材料消耗和木材供应条件，合理确定木材消耗量和保证正常煤炭生产的经济储木量。它通常由木材贮场、木材加工和行政生活福利设施组成。

木材贮场 矿区木材常由矿区专用铁路线运入，卸车机具常用塔式或门式起重机、轮式起重机、叉车等，规模小的贮木场可采用人工卸车。

原木多为人工验收和检尺，大型贮木场可配置专用设备。验收、检尺后的原木按等级、材长、径级归楞贮存；某些木材（如桦木）应单独归楞；特殊用材（如罐道木、方材）应设棚或室内存放。原木的归楞、拆楞、装车、卸车常用起重量 1～5t 的叉车或装载机、门式或塔式起重机，规模较小时可采用人工作业。设计木材贮

场时应合理布置楞(垛)区和楞垛，按消防要求布置消防通道和消火栓，木材贮场四周应设防火隔离带。

木材加工 将原木加工成各矿井要求的支护用材、木轨枕和矿区少数企业需要的板材、干材。木材加工由木材加工车间、干燥间、板院、干材库和刃具修磨间等组成。木材加工车间的设备按加工木材的要求和数量决定，常以跑车木工带锯机为主组成加工流水线，并配置吊截锯、普通木工带锯机、木工圆锯机、木工刨床和输送设备等。木材干燥常采用远红外或蒸汽干燥室。刃具修磨间设备一般按锯条锯片的修理需要成套设置。

爆破材料总库 为矿区内各矿爆破材料分库或其他用户贮存、供应爆破材料的仓库。矿区内设有爆破材料制造厂时，该厂的贮存库可作为矿区总库。贮存的爆破材料包括炸药、雷管、导火索和导爆索等。

按库房的构造形式分为地面式、埋入式和硐室式三种。① 一般以地面式为主，即在地面上建筑砖混结构库房，周围设置防护土堤，它结构简单、造价低、防潮湿、保温性好。②埋入式库房保温性能好，可分为全埋入和半埋入式两种，全埋入式库房墙体三面或四面埋入土中，屋顶不覆或覆 0.5～1.0m 厚土壤，库房入口处设防护土堤；半埋入式库房墙体下部埋入土中，上部裸露部分供采光通风用。③硐室式是利用天然洞穴或人工开凿的硐室作库房，通风、防潮及防水等均较困难。

贮存爆破材料的总量，与矿区生产能力，开采工艺、吨煤爆破材料消耗量、地形地貌、交通运输等条件有关。设计规模由所供各矿炸药消耗量或爆破材料制造厂的生产量按照有关规程规定的贮存天数计算确定，并不得超过规定的最大总贮量。

库址选择、总平面布置及安全防护要求等要保证本库房安全又不威胁外界。①库址宜选在有自然屏障或阔叶林带地区，地形地貌能满足布置要求，符合库区对外界安全距离，有发展的矿区，要留有发展的余地，并符合场地选择的一般要求，要得到当地公安部门认可。②总平面布置要根据贮存品种、特性、危险程度等因素及建(构)筑物的功能、特点进行分区布置，库房间和库房与其他建筑物间应严格遵守最小允许安全间距和规程规定的距离，贮存量大或危险性大的库房应避开库区出入口，敏感性较大的库房宜布置在偏僻地带或尽端。③库区必须设置按有关规范规定高度的围墙，库房间最小间距必须满足安全距离要求，地面式A级库房周围及埋入式和硐室式库房的入口处应设置防护土堤，库区入口处及转角处宜设岗亭，库区必须按规范规定设置完善的防雷系统。

预制构件厂 生产煤矿井下构筑物和地面建筑物所需混凝土预制构件的辅助生产企业。主要产品为巷道支架、背板、水沟盖板和窄轨铁路轨枕等，也生产地面建筑所需的预应力多孔板、排水管、电线杆等。

设计矿区预制构件厂时，应根据矿区各矿井及地面对各类预制构件的年需要量确定预制构件厂的主要生产设备、建筑和露天预制场面积、人员等。露天预制场应根据当地气象条件，合理确定年工作日数。

预制构件厂一般由搅拌车间、成型车间、露天预制场、钢筋加工车间等主要生产车间和原材料堆场、机修间、模型间、试验室、仓库和露天成品堆场等辅助部门组成。支架、窄轨铁路轨枕、电线杆、多孔板常为预应力构件，除多孔板外，用组合钢模板、模外张拉、振动或离心成型、蒸汽养护。非预应力构件和多孔板，一般采用露天台座生产、钢模或木模成型、振捣器捣固、自然或蒸汽养护。多孔板批量较大时，可采用挤压成型。

矿区汽车队 承担矿区生产所需物资运输和其他运输的企业。矿区生产所需物资运输主要有各种原料、材料、机电设备、备品配件、生产用辅助材料、职业安全卫生材料，以及租赁设备运输、设备修理运输、矸石和废弃物料运输，集中设置居住区的矿区还可设客运业务。当矿区不设铁路时，也可配置专用车辆由矿区汽车队承担煤炭运输任务。设置矿区汽车队时，各矿井、选煤厂仅设少量汽车，担负本矿、厂的生产零星急需的和少量的职工生活物资运输。

汽车队的运输能力和车辆配置数量应按各类物品的年运输总量、货物运输距离和车辆的生产能力，并考虑道路状况、气象条件等因素计算确定。车辆构成以普通货车为主，适当配备牵引车和特种车。各类车型货车的组成比例应按运输物品的实际情况确定。矿区汽车队常配置的特种车有各种自卸车、油罐车、爆破材料专用货车和散装水泥罐车等，其数量按实际年运量计算确定。

车辆停放保管方法有露天、顶棚、室内和暖室四种，设计中应根据车辆类别和当地气象条件决定。一般客车宜室内或暖室停放；挂车及半挂车露天停放；其他货车在当地最冷月平均气温等于或高于－15℃时宜露天停放，低于－15℃时宜暖室停放。寒冷地区的露天停车场应设预热装置。停车场布置应在满足使用、安全的条件下，提高停车密度。

矿区汽车队的辅助生产设施包括洗车设施、检车设施、维修车间、加油站和仓库等。洗车设施由洗车台、洗车机和污水处理设施组成。清洗工位数目根据车队规模、回场车高峰时间、单车洗车时间等确定。检车设施为车队检测站，其任务是按“定期检测、视情修理”

确定车辆维修计划，检查维修质量。检测方法多为人工及少量便携式仪表。进一步的检测多外委。维修车间承担本车队或本矿区所有车间例行、一级和二级维护，其规模和设备按年维护作业量和有关定额计算确定。

加油站由地下储油罐、站房和罩棚、加油柱等组成。油罐的数量和容量应按本车队燃料油品种和耗量计算确定，加油柱按燃料油种类和日车辆加油量确定。

矿区汽车修理厂 承担矿区汽车大修、总成大修和零件修理的企业。一般由主要生产车间、辅助生产车间和仓库组成。主要生产车间包括外部清洗间、拆解间、零件清洗间、检验分类间、胎工间、发动机修理间、底盘修理间、电工仪表间、蓄电池间、总装调试间等，辅助车间有车身车间（含车架钣金、铜工、缝工、漆工、钢板弹簧、喷砂除漆）、修旧制配车间（含机钳、焊工、机修工具等）。根据修车规模，部分修理间可合并或分成更专业化的修理间，部分零件或工序可外委协作，以减少职能部门。

矿区汽车修理厂规模一般年修汽车多在300辆以下。汽车修理按专业化协作原则改组是行业发展的方向。矿区汽车修理由专业汽车修理企业承担是扩大生产规模、提高修理效率和质量、降低修理成本的需要。

矿区救护队 设在矿区内处理矿山灾害事故的专业救护组织。它的任务是：抢救井下遇险遇难人员；处理各类井下灾害事故；参加危及井下人员安全的地面灭火工作；排放煤矿瓦斯、震动性放炮、启封火区、反风演习等安全技术工作；参加矿井灾害预防措施的实施和矿山救护知识培训教育。矿区救护队由矿山救护大队、中队二级专业救护设施和每个矿井的非专业的辅助救护队组成。

每个矿区一般设一个矿山救护大队和若干个中队。救护大队应选在矿区内距各矿地点适中、交通方便、联络可靠的地点，并靠近矿区生产指挥调度中心。救护中队应根据矿井分布、井型大小和自然条件合理布置，中队距所管矿井的服务半径一般不超过10km或行车时间不超过15min。

矿山救护大队 是矿区矿山救护指挥调度、救护队管理和培训中心，由大队部和一个直属救护中队组成。大队部由救护行政技术管理部门和矿区救护演练设施（模拟演习巷道等）、气体化验室、通信室、战备器材库等生产设施和辅助部门组成。救护大队的装备包括各种车辆（矿山救护车、指挥车、气体化验车等）、通信器材（电台、传呼器、灾区电话等）、个人防护设备、灭火装备、处理冒顶装备、检测仪表、工具等。大队建筑物一般包括车库、值班室、仪器着装室、值勤宿舍、培训教室、通信室、化验室、矿灯充电间、多技术行政管理部门组成的综合大楼、氧气充填间、救护器材库、模拟井下巷道灾害事故的演练设施、地面训练设施、体育训练设施等。

矿山救护中队 是矿区内分管责任区的救护机构，由三个及以上小队组成。编制按服务矿井的数量和规模决定。除矿山救护车外的大型车辆、远程通信设备、井下灾害模拟训练设施、人员定期集中培训设施外，矿山救护中队的装备内容和建筑组成，与矿山救护大队基本相同，只是数量、规格上需根据服务责任区的要求确定。

矿区消防站 预防和扑灭矿区地面建筑火灾的公共救护设施。

按中国现行规定，矿区消防站规模分为二级、三级。二级站配4～5辆消防车，三级站配3辆车。消防站的等级，按矿区常住人口确定。人口在五万以上，应设一个二级站或二个三级站；人口一万五千至五万，应设一个三级站；人口不到一万五千，但企业较多、物资集中，或位于水陆交通枢纽、火灾危险性大的矿区，可设一个三级站。消防站应选在责任区的适中位置，应以接到报警后按规定要求到达责任区最远点火场为原则；交通方便，利于消防车迅速出动；消防站边界距人口密集公共建筑场所不应小于50m，消防站应位于生产、贮存易燃易爆物品和有害气体企业的常年主导风向上风侧或侧风方向，距离不小于200m。

消防站装备除消防车、火警专用电话等有线通信设备外，根据需要可配置基地台、车载台等无线通信设备。其建（构）筑物由各种功能的房间组合形成，常包括车库、通信室、值勤宿舍，以及车辆维修、被服清洗烘干、各类仓库、行政生活服务设施等。消防站应设置训练塔和长度不小于35m的跑道、训练用消火栓和容积不小于20m³的蓄水池，以及消防车辆上水及洗刷设施。消防站值勤宿舍、车库、通信室及通往车库的通道应设事故照明，消防站内必须设置警铃，车库大门一侧安装车辆出动的警铃和警灯。

矿区总石油库 矿区所需各类油料的储存及供应的中心。

建设规模 矿区石油的主要用户有：矿区各类交通工具所需汽油、柴油和润滑油；煤炭洗选中用作浮选添加剂的煤油或轻柴油；矿区各企业生产机械所需的乳化油和润滑油等。矿区石油库的建筑规模（总储量）应根据各种油品的年耗量、经济订货批量和矿区确定的贮存周期分析计算确定。小矿区的石油库可与加油站合并设置，经可行性研究确有效益的矿区石油库可扩大规模兼商业石油库职能。矿区石油库总贮量一般不超过2500m³。库址应选在交通方便、便于铁路接轨

处，且与周围工矿企业、居住区、交通线的距离符合安全防火要求的规定。

总平面布置 按储油、装卸、辅助生产和行政管理分区布置。当储油量小于 2500m³ 时，可将装卸、辅助生产和行政管理区合并布置。矿区石油库的铁路线多供卸油用，宜布置在库区边缘。公路装卸区应布置在油库面向公路的一侧，设围墙与其他各区隔开并设单独出入口。储油区四周应设环形消防道路与其他部分分开。油罐组之间应设消防道路与环形消防道路相通。储油区的油罐区应布置在地形较装卸区高的地区。行政管理区应设围墙与其他各区隔开，并设独立的出入口。辅助生产区可单独设置，也可根据油库规模与装卸区或行政管理区合并设置。

工艺设计 包括储油区、装卸区、辅助生产和行政管理区。

储油区由油罐、防火堤、油泵房和变配电间等组成。大宗油品一般采用地面钢油罐贮存，储量大时宜采用立式罐，储量小采用卧式罐。闪点在 28℃以下的甲类油品，宜采用浮顶或内浮顶油罐。油库规模很小或润滑油等储量小的油品可设桶装油品库贮存。为便于检修，同类油品的油罐数不宜少于二个。油罐宜按油品相同或相近原则分级布置。油罐组四周应设防火堤。堤内油罐布置应符合有关规范的规定。

装卸区一般由铁路卸油区和公路装卸区组成。规模较小的油库只有公路装卸区。铁路卸油区由铁路作业线、卸油栈桥、零位罐、油泵房、配电室、桶装油品站台和库房等组成。铁路机车不准进入卸油区，铁路作业线应为尽头式、平直线，其车位数由计算确定。铁路作业线一侧可设卸油栈桥和卸油鹤管，其布置应符合安全防火要求。公路装卸区由高架罐、灌油间、变配电所、汽车装卸设备、桶装油品仓库等组成。油品罐装有储油罐自流灌装、泵送灌装或高架罐灌装等方式。有地形高差利用时应采用自流灌装。桶装油品库应为单层建筑。不同类桶装油品储存在同一库房时，应用防火墙隔离。库区输油管应地上敷设，库区围墙外应埋地敷设。

辅助生产区和行政管理区一般由修洗桶间、消防泵房、消防车库、机修间、器材库、化验室、锅炉房、污水处理设施、办公室、传达室、汽车库、警卫消防人员宿舍、浴室、食堂等组成。根据库区周围协作条件，一些设施可不建、少建。

消防设施 根据油罐形式、油库规模等级及与矿区消防站的协作条件确定。油库宜采用低倍数空气泡沫灭火，设置方式一般采用半固定式，并附低压给水管道或消防水池。单罐容量小于 200m³ 的地上油罐和润滑油罐可用移动式泡沫灭火设备灭火。库区消防给水管道宜独立设置，成环状敷设。由消防泡沫泵和消防水泵组成的消防泵房应靠近油罐区布置，并应满足泵起动后将泡沫混合液输送到最远油罐的时间不超过 5min 的要求。卸油栈桥、油泵房、灌油间、桶装油品库，变配电间应设置移动式泡沫灭火设备。

公共设施 ①库区水源的供应压力和水量应满足消防、生产、生活需要和有关规范的规定，为降低对供水量的要求可设消防水池，矿区石油库洗罐、洗桶用水其含油污水应收集后集中处理，达到规定标准后排放。②矿区石油库的供电负荷主要为油泵、照明和消防泵等，油库的消防泵房一般设柴油发电机备用电源，库区供电应用电缆，油罐和输油管线必须设防雷和防静电接地。③油库的生产建筑应尽量采用自然通风、全面换气。

矿区中心试验站 为矿区生产的计量、检测中心。任务是：按国家和行业有关计量、检测的法令规章，制定本矿区实施贯彻措施，建立本矿区相关计量、检测系统；选择配置各类计量、检测器具，满足生产要求，并保证其合理正确使用；负责本矿区各类计量、检测仪表的检定、修理和调试；解决矿区生产中计量、检测的技术问题，仲裁计量、检测纠纷，开展计量、检测技术研究和协作；建立矿区能源计量、检测网点，做好节能技术服务和管理。

矿区中心试验站一般由理化试验、通风安全试验、电气试验和能源计量四部分组成。矿区的长度计量检测和金属材料理化性能试验多设在矿区机电设备修理厂。矿用钢丝绳、煤矿设备防爆性能试验委托国家指定的试验中心承担。①理化试验，承担煤质、水质、油脂和矿区其他常用材料的分析检验，常由筛分浮沉、制样、元素分析、发热量试验、煤的焦化性能试验等试验室，以及热工计量室、力学计量室等组成。②电气试验，一般包括高压（35kV 及 6kV）试验、继电保护试验、电气仪表计量检测、变压器油测定以及电气仪表修理校正等（电力拖动试验一般由矿区机电设备修理厂电修车间电气试验站负责）。③通风安全试验，负责井下气体测定、巷道通风阻力测定、矿用通风机特性测定和煤矿安全仪表的计量检测，常由气体分析、风筒、机电安全仪表检测等组成。④能源计量，负责质量和各种含能工质（水、蒸汽、煤气、压缩空气等）的计量和相应表具的检定维修。

建设规模与矿区规模和所在地区的检测协作条件有关。有条件的矿区，应将试验内容尽可能外委。分析试验仪器设备按试验内容成套配置。计量仪表、器具应按矿区生产所使用计量仪表、器具的精度和量程，按国

家颁布的有关检定规程的要求确定矿区中心试验站基准计量仪表、器具的精度等级和量程。

（程伟浩　刘一峰　殷宏元　吴必昌）

kuangqu fushu qiye

矿区附属企业　(service enterprise in mining area)　为开发利用矿区煤炭加工副产品、伴生矿产或当地其他资源而组建的生产或服务部门之统称。一般有爆破材料厂、矿区建材厂(水泥厂、矸石和粉煤灰砖、砂石等)、矿区煤气工程或焦化厂、自备电厂或热电厂、劳保用品和生活用品加工等。

爆破材料厂　生产矿用炸药和起爆材料的企业，属民用爆破材料工厂性质。爆破材料厂的产品品种和建设规模按服务矿区的规模、开采方式、采掘机械化程度、生产基建比例等条件，并按煤炭行业爆破材料生产的规划确定。中国国家标准对各类爆破材料生产厂房、仓库等，按生产或贮存爆破材料的种类、生产工序和贮量，按危险程度分成五种危险等级，按危险等级规定全厂和各组成部分设计的不同安全措施要求。爆破材料厂应远离重要战略目标(交通枢纽、大型桥梁、重要军事工程等)，充分利用地形地物选在环山、深丘天然屏障地区，距周围运输线、企业、高压输电线路、城乡居民点要有一定的安全距离，且尽量选在地震烈度较小地区。

总平面布置　爆破材料厂分为危险品生产区(包括辅助生产部分)、危险品总仓库区、销毁场和生活区四部分。危险品生产区设在厂内适中位置，当工厂位于山区时，勿布置在山坡陡峻的狭窄沟谷中，辅助生产部分宜布置在靠近生活区方向，不使无关人员和货流通过危险品生产区和总仓库区。危险品总仓库区和销毁场设在偏僻地带。危险品货物运输避免通过生活区。危险品生产区和总仓库区内部平面布置应使工艺生产流程呈流水作业避免危险品往返交叉运输。不同性质的生产线宜分开布置，雷管生产线宜布置在单独场地。同一危险等级的厂房和库房宜集中布置，危险等级大的厂房和库房应避开主要交通线、库区出入口，布置在生产区或库区的边缘或其他有利于安全处。各建筑物间的距离应符合安全要求，避免危险建筑物长面相对布置，靠山布置的危险品生产厂房应考虑人员的安全疏散和有害气体扩散。

工艺设计　根据产品生产工艺流程，在保证安全的前提下尽量采用先进技术、自动控制、远距离控制和隔离操作，减少厂房存药量和操作人员；工序排列应满足流水作业要求；设备、操作岗位的布置应使任何地点的操作人员能安全疏散；有固定操作人员的非危险性生产厂房不与危险性生产厂房联建，易发生事故的工序不与其他工序联建，中转库应单独设置，危险品暂存间布置在厂房端部；雷管、导爆索等易发生事故的生产工序应采取抗爆、隔爆措施。

建筑与结构　生产厂房一般为单层，危险品仓库必须单层、平面宜为矩形。爆破材料生产厂房和仓库的建筑构件应为非燃烧体。生产厂房的承重结构、围护结构应根据危险等级采用不同的安全、防爆措施。建筑设计应便于人员安全疏散，厂房应采用不发生火花或导静电地面。

电气设计　按危险场所等级分别对待。正常运行和操作产生电火花、高温的电气设备应装在危险场所之外。特别危险的场所，除电工仪表及线路外，室内不应装电气设备、敷设动力和照明线路，照明应采用壁龛灯或投光灯。其他危险场所的电气设备应根据危险等级分别选用防爆、隔爆、增安、密封等型式。室内电气线路应采用绝缘导线穿钢管或用电缆敷设，高危险等级场所的导线应采用铜芯。室外 35kV 架空线严禁穿越危险品生产区和总仓库区，10kV 以下架空线路不应跨越危险品生产厂房和仓库库房，与共轴线保持规定距离。所有危险品建筑均设防雷措施。可能积聚静电的设备、管道均需设抗静电接地，低压配电系统应设接地或接零保护。

消防设施　消防或生产消防联合给水管网应设计成环状。某些炸药的混碾、筛药、凉药、装药、粉碎、包装等易引起燃料起爆的厂房应设消防雨淋系统。

采暖通风和空气调节设计　严禁用明火采暖，宜采用热风或散热器采暖。散热器的构造和安装应易于擦洗，采暖管道不应设在地沟内，必须设在过门地沟内时应采用有密封措施的暗沟。散发燃烧和爆炸危险性粉尘或气体的厂房应采用直流式通风和空气调节系统，厂房内的设备和操作岗位应设局部排风。工艺生产用的冷风和热风不宜与通风和空气调节共用一个系统。

矿区建材厂　为煤矿井巷、地面建筑工程供应建筑材料的企业。在矿区缺乏外购条件或外购不经济、为了利用矿区生产中的废弃材料时方许兴建。矿区建材厂一般包括水泥厂、煤矸石砖厂、粉煤灰砖厂、采石场和采砂场等。

矿区水泥消耗数量大的大型矿区，且矿区内石灰石和粘土等原料储量丰富、运销条件好，经过技术经济论证后，可按矿区或若干个矿区联合建设水泥厂，其规模不宜低于 0.1Mt/a。

利用矿井排出的煤矸石和坑口电厂的粉煤灰兴建煤矸石砖厂和粉煤灰砖厂，能减少环境污染、减少破坏

良田好土。砂石砖厂和粉煤灰砖厂一般规模较小，年产砖约500～4000万块，在确定立项建设时，应根据矿区的具体条件，经过技术经济论证后决定。

矿区煤气工程 利用煤层气或以煤制造人工煤气供应矿区用户的工程设施。它包括制气厂和输配系统。

制气厂 应优先采用焦炉制气，它由制气、净化、动力（附污水处理）和辅助四个车间组成。①制气车间一般分备煤、制气、筛焦三个工段。备煤工段的任务是受煤、储煤、煤加工和向制气工段供煤；制气工段由贮煤缓冲设施、制气炉及其配套设施组成。气化制气无筛焦工段。②净化车间是将制气车间生产的荒煤气经过净化处理变成符合用户需要和管道输送要求的洁净煤气，焦炉气净化处理一般包括冷却、脱焦油、制取硫铵或洗氨、脱萘、洗苯和脱硫等。③动力车间向全厂供电、供热和给排水，它包括变配电所、锅炉房、给排水泵房及相应的管线等设施（污水处理站也附属于本车间），干馏制气含酚氰污水常用活性污泥生化处理。④辅助车间包括化验、环保监测、机修、仪修、仓库等设施。

输配系统 将质量合格的煤气按要求安全、可靠、经济地输送至各类用户。输配系统设计包括煤气用量计算和供需平衡、管线以外的其他输配设施设计。输配系统主要由储气设施、输气管道和各种站房组成。煤气输送管道压力分为低压（5kPa）、中压（5kPa～0.15MPa）、次高压（0.15～0.3MPa）、高压（0.3～0.8MPa）四种。矿区煤气工程常采用一级（低压）系统和二级（中压－低压）系统。

（王大寰 程伟浩 梁景度 李孟武）

kuangqu gongre xitong

矿区供热系统 （heat supply system of mining area） 供应矿区生产和生活用热的设备、设施、建（构）筑物及管网体系的总称。它由热源、热力管网和热用户三部分构成，是矿区公用工程的组成部分。

热源 热电厂、区域锅炉房和专用锅炉房是矿区供热系统的主要热源。区域锅炉房既可以单独向一些矿井、选煤厂、辅助附属企业、矿区行政与文教卫生设施及居住区供热，形成独立的供热系统，也可以作为热电厂的辅助热源，在高峰负荷时，与热电厂联合供热。区域锅炉房的规模主要取决于热负荷的大小。

热力管网 由输热干管、配热干管、配热支管等组成。在大型管网中，有时为保证管网压力工况，集中调节和检测供热介质参数，而在输热干管或输热干管与配热干管连接处设置热力站。管网布局主要根据矿区热负荷分布情况、矿区现状、发展规划以及地质地形条件等确定。供热管道有地下敷设和地上敷设两种方式，地下敷设不影响矿区交通和市容，是矿区供热广泛采用的敷设方式。地下敷设又分为有沟敷设和直埋敷设，有沟敷设是指供热管道敷设在地沟内，管道本身不承受外界荷载，直埋管道敷设是管道埋设于土壤之中，管道要承受外界荷载，但造价低、施工简便，是一种有发展前途的敷设方式。地上敷设也称架空敷设，它造价低、维修方便，多用于地下水位高的地区和永久冻土区、湿陷性土壤区、膨胀性土壤区等特殊地区，以及用于跨越铁路、公路、河流等地段。

热用户 矿区热用户分为季节性用户和常年性用户两类。季节性用户主要是工业与民用建筑采暖、通风及井筒防冻等，其热负荷随气候条件而变，全年变化较大，日波动较小。常年性用户主要包括浴室热水供应、洗衣房洗涤与干燥、食堂蒸煮、医院消毒及附属企业生产过程中的加热、清洗、烘干、蒸汽养护等工艺，或用于拖动机械的动力设备，其热负荷受气候条件影响较小，全年变化不大，由于多数为间断性需热，热负荷日波动较大。

中国矿区主要采用中、小型燃煤锅炉房分散供热方式，热效率只有50%～60%，能源利用效率不高，对环境有污染。在一般情况下，发展矿区集中供热能节约燃料、实现低质燃料利用、减轻大气污染、节约用地、提高供热质量和有利于对供热的科学管理，近年来，中国位于采暖地区的矿区都制定了集中供热规划。

供热规划 供热规划要根据矿区的发展规划来进行，主要步骤和内容为：①根据矿区所在地区的长期气象统计资料绘制热负荷持续时间曲线，调查现状和预测规划期内热负荷的数量、性质、分布情况和用热时间，并据以确定近期和远期集中供热系统的发展规模；②按照热负荷的分布情况划分供热范围，绘制热区图，对热源进行合理的布局，为保证供热效果，要使热源同用户的距离保持在限定的范围内；③根据热负荷的数量、性质、热区图和热负荷的日变化曲线、周变化曲线，经技术经济论证选定矿区集中供热系统的热源，确定供热方式；④确定热源位置和供热范围后，根据道路、地形和其它地下管线情况等布置热力管网，并根据热负荷和供热介质的温度曲线由水力计算选择管网的管径、绘制水压图，确定静压线及热力点分布，热力点与用户之间尽量采用简单可靠的连接方式。供热介质温度曲线的确定和管网的布置必须进行方案的技术经济比选，确定经济合理、安全可靠的热网方案；⑤影响矿区集中供热经济性的重要因素之一是管网的造价，布置管网要求使管线走向位于热负荷中心，要使线路最短、结构简单、便于运行、敷设方便，一般采用枝状布

置，在有条件的地方宜采用架空敷设，如需地下敷设，要根据工程及水文地质等情况，尽可能实施无沟敷设，以降低造价、方便施工；⑥提出分期实施矿区供热系统规划所需投资、主要原材料和重要设备的数量，提出采用新技术、新工艺的研究项目和新设备、新材料的试制任务，并对需要解决的主要问题提出建议。

发展趋势 利用煤矸石、中煤、煤泥等劣质燃料，推广循环流化高效低污染洁净燃烧技术，发展热电站和区域锅炉房以及联合供热；提高供水温度，加大供回水温差，逐级按质合理利用热能；发展高效强化换热节能设备；改进热力管网的结构形式，降低热网造价，延长管道使用寿命；实现热网运行调度自动化，利用电子计算机对热网工况进行最优化控制。

（徐明杰）

kuangqu jipaishui xitong

矿区给排水系统 （water supply and drainage system in mining area） 矿区给水、废水排放、水质改善的设备、设施、构筑物和管网及其布置的总称。它分给水系统和排水系统，是矿区公用工程的组成部分。

矿区给排水系统的设计应遵守以下原则：①矿区生产用水和矿井水排放要统筹考虑，生活、生产用水优先采用符合要求的地下水，充分利用矿井的有效利用；②给排水系统的设计，要与城镇总体规划相结合；③矿区给排水工程实行全面规划、分期建设，以节省初期投资，尽快发挥工程建设的效能；④对矿区建设中可能造成水环境影响和污染的因素要进行预防和处理，以化害为利；⑤生活污水和生产废水的排放，符合卫生和环境保护部门的有关规定。

矿区给水系统 供给矿区生产和生活用水的工程设施。由供水水源、输水管渠、净水厂和配水管网组成。根据水源、地形和供水对象分为集中（或部分集中）给水和分散就近给水两种方式。集中或部分集中给水方式指全矿区或几个矿井共用一个水源，用同一供水管网向用户供水。分散就近给水方式指全矿区内有多处水源及数条供水管网，分区或单独向矿区用户供水。多数矿区矿井相距较远、用水点分散，多采用分散就近给水方式。小型矿区或特殊缺水地区需远距离输水时，方采用集中给水方式。

矿区供水水源 常用的水源有地下水和地表水两类。

（1）地下水源。取自地下砂、砾石、多孔岩层和裂隙岩层的水，有潜水、承压水和泉水等。水质通常比较好，经过消毒即可达到生活饮用水的卫生标准。地下水取用量不能大于允许开采量，过量开采会导致大面积地下水位下降、地面沉陷或环境变迁。沿海地区开采地下水，要防止海水渗入。

（2）地表水源。一般指江河、湖泊等天然水源，人工蓄水库也属于地表水源。①江河水一般水量丰富，但流量和水位年变化较大，水的浑浊度较高，硬度较低、有些河流汛期含沙量高。②湖泊和水库水通常悬浮物少，浑浊度低，不同深度处的水温和水质差异较大，浮游生物，特别是藻类的繁殖季节，水的色度增加，或发异味；高地水库常远离城镇，不受城镇和农田的污染，易于保护，水质好，是理想的水源；多用途（供水、航运、防洪、灌溉、养鱼、排水等）水库，易受污染，水质较差。③为确保供水，须重视地表水源枯水期对供水的保证率。④为保护水源，应在水源上游植树造林、保持水土、增加植被，水源地区设卫生防护带。

（3）水源开发。由于水资源紧缺，作为矿井排放的废水（矿井水）已成为可开发的水源，矿井水有含悬浮物水、高矿化度水、酸性水、含特殊元素水、洁净水等五种类型，有的矿井水兼有两种或多种类型特征，但由于技术的进步，有些矿井水可以通过人工处理成为矿区工业用水水源或成为矿区工业与民用水供水水源。

（4）水源勘察。为了合理地评价、开发和保护地表及地下水资源，在确定矿区供水水源之前，必须由水文地质勘察单位依照《供水水文地质勘察规范》进行矿区供水水文地质勘察，包括水资源调查和评价、野外勘察、最终成果等，并提供《矿区供水水文地质报告书》。

供水水源设计 主要内容包括：①调查收集矿区水资源的现状及设施资料；②根据水文地质勘察单位提供的《矿区供水水文地质报告书》确定水源与取水方式；③估算矿区用水量，拟定矿区供水方案、供水方式及厂址；④提出水处理方案；⑤提出投资估算，编制说明书。

水质改善工程设计 根据不同的水源和水质资料，确定不同的处理方式，建立相应的水处理站（水厂）。

（1）地下水，通常只设消毒设施。

（2）地面水，常规处理工艺方式为混合、絮凝、沉淀、过滤和消毒。絮凝反应工艺用平流隔板池、穿孔旋流池、竖向折板池及网格絮凝池等；沉淀工艺用平流沉淀池、斜管沉淀池等；过滤工艺用无阀滤池、双阀滤池、虹吸滤池等；消毒工艺多用液氯、次氯酸钠或二氧化氯。

（3）矿井水作水源时，处理前一般加设调节池或沉砂池，以改善后续构筑物的负荷。含悬浮物的水分布广泛，水质较优，除悬浮物和细菌外，其他理化及毒理

学指标一般均符合生活用水标准，采用与地面水相同的处理工艺，即可得到合格的生活和生产用水；水量不大的矿井水厂也可采用澄清池和一体化净水器；高矿化度水硬度高、含盐量大，采用电渗析技术进行除盐处理；酸性矿井水通常采用化学中和法处理，中和药剂采用石灰石、石灰和电石渣等；洁净矿井水在井下采取清浊分流、分仓贮存、专管外排，可直接用于生活、生产。

(4) 当水源中含微量元素超标时，含氟水用活性氧化铝吸附处理；含铁、锰水通常用曝气充氧和锰砂过滤法去除。

矿区给水工程 在平时和火灾等意外情况下均能满足矿区供水水量的工程设施，由取水工程、净水工程和输配水工程组成，一般还包括贮水和抽升设备。

根据水源、地形和用水对象的特点，给水工程按水源分为多水源和单水源；按管网分为集中供水、分区供水、分质供水和分压供水；按输水方式分为重力式和压力式。另外工业企业的用水，可分为直流系统、循环系统和循序系统。

矿区给水工程规划设计 矿区给水工程是矿区总体设计的组成部分。规划设计的主要内容是估算用水量、确定水源、水处理工艺、水厂选址及输配水干管选线和进行方案优化比选。

(1) 估算用水量。根据各矿井井型、选煤厂规模、居住区总人数以及附属企业的项目，按照用水标准(定额) 计算日平均用水量。

(2) 确定水源和取水构筑物。根据《矿区供水水文地质报告书》所提供的水资源评价和供水水源建议确定矿区水源。若取用地面水，需确定取水点位置、取水方式以及取水构筑物的布置和设备。取用地下水时，确定井位、井径、井深、集水方式及设备型号。

(3) 确定水处理工艺。根据不同的水源和水质要求，确定相应的改善水质的处理工艺及设施。

(4) 水厂选址及输配水管的设计。水厂位置要选在地质条件和环境卫生条件较好、不受洪水威胁、交通方便、靠近电源的地点。输水管是水源到水厂的供水管，输送未经处理的原水。配水管是指由水厂到用户的管网，采用集中给水系统时，应根据矿区地形、路网、工业企业和居住区布局、建筑物层数、较大用水户的位置及用户要求的水压力进行布置，一般为枝状。配水管网有时还包括加压泵站、调蓄水塔、水池、管道，以及跨越河流、铁路、桥梁等天然或人为障碍的附属设施。输、配水管尽量避开跨越煤田开采塌陷区。

(5) 方案比选。方案比选除基建投资和年经营费主要经济指标外，还有占用土地、动力资源、施工难易程度、建设周期、水源和环境保护、原有设备利用程度、运行管理的可靠性、主要材料消耗、水资源的可靠程度及与其他工农业有无争水矛盾等指标。评定指标的项目可根据各工程具体特点选定，综合评定其经济效益、社会效益和环境效益。

矿区排水系统 处理和排除矿井水矿区污水和雨水的工程设施。它分集中排水方式和分散排水方式。矿区所有废水均用同一管网集中处理后排入接纳水体者，称为集中排水方式。矿区废水由数个管网分散(或大分散小集中)处理后就近排入接纳水体者，称为分散排水方式。煤炭矿区一般均采用分散排水方式。

矿区排水工程 矿区生活污水、工业废水、雨水和其他弃水的收集、输送、净化、利用和排放的工程设施。通常由收集污(废)水的排水管渠、污水处理厂和最终处置设施组成。矿区排水设施是保证地面水排除、防治污染、保护水资源得以良性循环的基础工程。

矿区排水工程规划设计 矿区排水工程是为矿区生产建设和生活设施服务的配套工程矿区排水规划是使整个矿区的污水和雨水通畅地排泄出去，并将污水处理达到环境保护要求的排放指标，或达到再用目的。其主要设计内容是估算排水量(雨水量和污水量)、选择排水体制(排水系统的类型)、排水管渠布置、确定污水处理厂的布局和污水处理工艺等。

(1) 估算排水量。生活用水在使用过程中，绝大部分成为生活污水排出。雨水径流量同当地的暴雨强度、汇水面积和产生径流的地表特征有关。雨水管渠设计所采用的暴雨强度取决于设计重现期，其值的选取直接影响工程的技术经济效果，在重要地区或短期积水即能造成严重损失的地区，设计重现期宜取较高值。

(2) 选择排水体制。矿区排水工程有分流制和合流制两种基本类型。分流制是设置污水和雨水两个独立的排水系统，分别收集和输送污水和雨水，厂矿排放的比较洁净的废水(如冷却水) 可收集送入雨水管渠系统。合流制只有一个排水管道系统，污水和雨水合流，为处理合流制的污水，需设置污水截流管，平时污水通过截流管送入污水处理厂，雨水量超过截流管输送能力时，雨水和污水混合通过溢流井溢入接纳水体。从环境保护、防止水体污染考虑，分流制优于合流制。矿区多采用分流制。

(3) 排水管渠布置。收集、输送居住区和厂矿企业排出的污水和雨水的管渠，通常是凭借管渠的坡降重力输送。排水管渠的选线，随矿区地形、地貌、土壤工程地质条件、矿井开拓和地面建筑布局、道路网格以及受纳水体河流水文状况而确定。为减少管道埋深，可设中途排水泵站。排水管渠定线后即可进行管路水力计算，确定管径、埋深、抽升泵站的位置。排水管跨越河

流山谷、铁路等障碍物时，还需采取特殊工程设施。

(4)污水处理厂的布局。确定矿区污水处理厂的规模和布局(集中或分散设置)对周围环境卫生、处理厂的基建投资及运转管理影响很大。它与矿区的总体规划、污水管渠的布置、处理后污水的去向或重复利用途径有关，应通过技术经济比选而定。污水处理厂一般选在城镇和矿区地面水体的下游、夏季最小频率风向的上风侧、不受洪水威胁且便于污水利用或靠近接纳水体的地方。污水处理厂应少占农田或不占良田，与居住区或公共建筑要保持一定的防护距离。

(5)污水处理工艺。污水处理的工艺流程主要依据所要达到的处理指标确定处理程度，处理程度又取决于接纳水体的性质与自净能力或处理后污水的出路。按污水处理程序分为预处理、一级处理、二级处理及三级处理(或深度处理)。预处理是在工业废水排除前仅去除或中和对排水管道或后续处理过程有害的物质，也可作为进一步处理的调节措施。一级处理只去除漂浮及悬浮固体。二级处理是在一级处理后利用生物处理法的生化、氧化过程，大幅度地除去污水中呈胶体和溶介状的有机性污染物质，一般说，经二级处理后污水已达到环境评价报告所确定的排放水体标准。一级处理和二级处理是矿区经常采用的方法，因此又称常规污水处理法。三级处理是在常规处理之后，为了从污水中去除某种特殊的污染物质，如磷、氮等而增加的一项处理工艺。深度处理是包括三级处理在内的高级处理手段，往往是以污水回收、再次复用为目的，它不拘于各种处理方法的先后顺序，以解决去除所需的对象或水质对接纳水体的要求以及再利用的需要。

矿区污水分为生产废水和生活污水两大类。生产废水有矿井水、选煤厂煤泥水、火药厂废水、矿灯房废水、矸石淋溶水、机修厂废水等；生活污水主要来自居住区、医院、工业场地浴室等。1988 年统计，中国全国煤矿每年排放的生活污水量约 3 亿吨。矿区生产废水常用的处理方法为：含悬浮物的井下水采用絮凝、沉淀过滤等物理化学方法处理；酸性矿井水采用化学中和处理法；选煤水主要从工艺和管理上保证洗水平稳，实现煤泥水厂内闭路循环并补充矿井水；火药厂 TNT 废水采用活性炭吸附法处理。生活污水的处理，根据所在地区、井型、污水量、排放水体的状况而定，以往多采用一级处理后排放。由于环境保护对污水排放水体和农田灌溉标准的提高，新建矿区一般采用二级生化处理。主要生化处理工艺有鼓风曝气、表面曝气、氧化沟、氧化塘、生物转盘等。矿区生活污水中的污泥，通常经重力浓缩和自然干化或机械脱水后作为农业用肥。

(余国瑞)

kuangqu jiakong suodao yunshu

矿区架空索道运输 (aerial-ropeway transport in mining area) 将钢索架设在支承结构物上作为运行轨道以输送物料和人员的运输方式。是位丘陵和山区的矿区适用的一种运输方式。

架空索道分类 按用途分为物料运输(货运)和人员运输(客运)，货运架空索道运载工具是货车，客运运载工具为客车。依运载工具的运行方式分为循环式和往复式。按所用钢索的数目分为单线和双线，单线索道只有一根钢索既承载又牵引运载工具，故称运载索；双线索道 1 根作为运载工具运行轨道的承载索，另 1 根为牵引运载工具运行的牵引索。

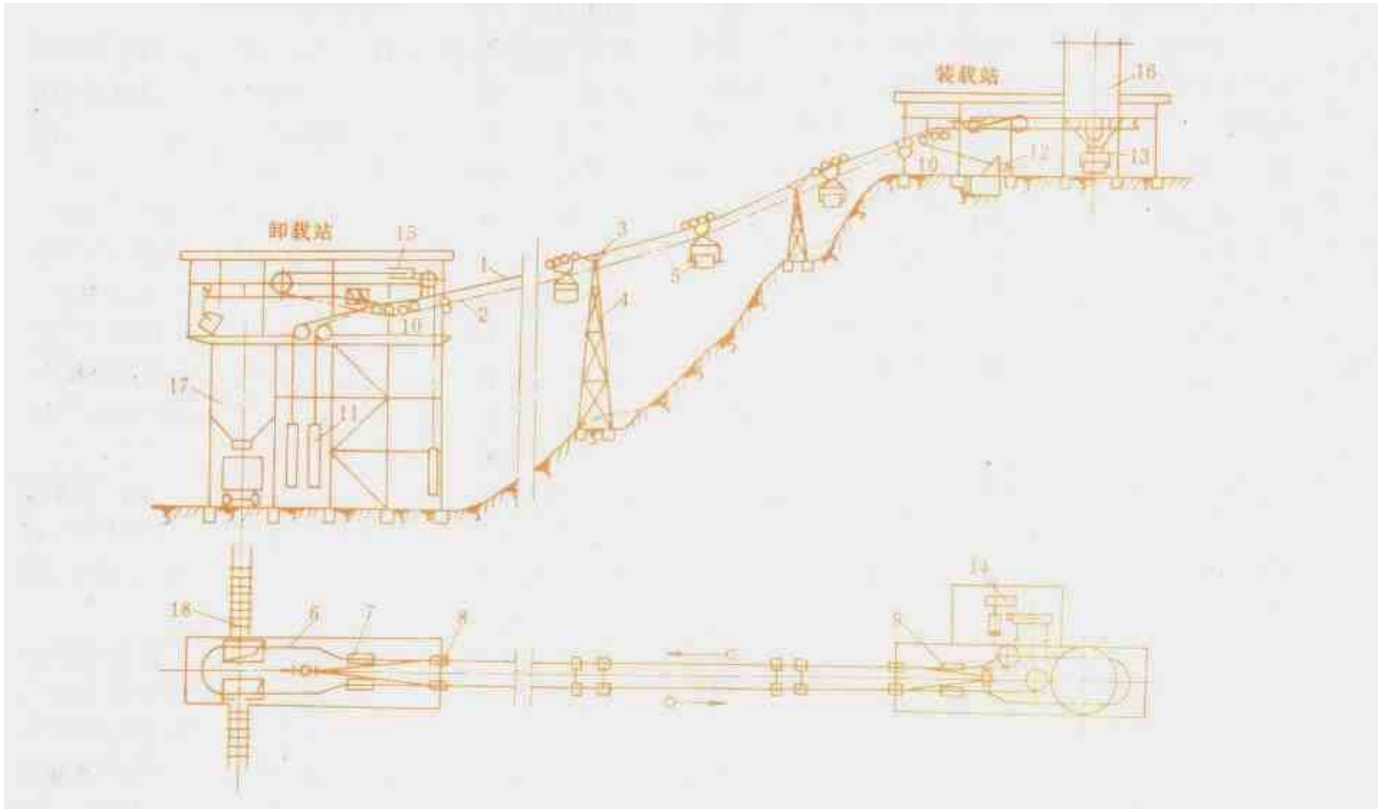
货运架空索道 矿山建设和生产中用以运输煤炭、矸石、材料和设备的架空索道。一般由装载站、卸载站、线路支架、中间站、承载索、牵引索、货车、驱动机、张紧装置和电气设备组成。

货运架空索道运输的特点：①对地形适应性强，爬坡能力大，可直接跨越峡谷河流等天然障碍；②线路走直线或折线，运输距离最短；③按地形随坡就势架设，无需修筑桥梁、涵洞，土石方工程量少，对地形地貌破坏小；④受气候条件影响小，除 8 级以上大风外，一般的风、雨、雪、雾天气均可正常运行；⑤装载、卸载设施简单，易将物料直接运输到预定的地点和高度，无需转运设备，运输系统环节少；⑥机械化自动化程度高，用人少，劳动强度低；⑦电力拖动，对环境无污染，能源消耗低；⑧占地面积少；⑨基建投资少，建设速度快。在运量运距适中的情况下，特别是地形复杂的山地及丘陵地区，架空索道较其他运输方式具有明显的优越性。

货运架空索道在 20 世纪初北京房山煤矿等地已有使用，50 年代以后得到了更快的发展。1990 年，中国已拥有循环式货运架空索道 100 条以上(不包括林业索道，其中煤炭行业的索道约占 1/4)，总长度超过 500km，总运量 50Mt/a 以上。

货运架空索道形式 有循环式和往复式两种。

循环式架空索道由牵引索带动以一定间距排列的货车在索道线路上作环形运行，是货运架空索道的主要形式，按钢索数目又有单线和双线之分。单线循环式索距一般 2.0～3.0m，只有 1 根成闭合环圈状既承载又牵引的运载索。双线循环式索距一般 2.5～3.5m，承载索作为货车运行的轨道固定不动，牵引索成闭合环圈，带动货车做环形运行，工作过程见下页图。循环式货运索道，输送量不受索道长度的影响，一条索道可根据需要由若干个驱动段依次衔接达到需要长度。世界上已有长达 76.3km 和 97.6km 的单线和双线循环式



双线循环式货运架空索道示意图

1—承载索；2—牵引索；3—摇摆鞍座；4—线路支架；5—货车；6—扁轨；7—脱开器；8—偏斜鞍座；9—转结器；10—滚轮组；11—承载索张紧重锤；12—承载索锚固装置；13—油门；14—驱动机；15—牵引索张紧装置；16—装载煤仓；17—卸载煤仓；18—准轨铁路

货运架空索道。单线和双线的输送量分别达到150～300t/h和500～600t/h，最高达1500～2500t/h。中国最长的循环式货运索道为单线20.5km、双线24.4km，运行速度一般为2.5m/s，输送量单线30～120t/h、双线100～300t/h，分别适用于规模为150～750kt/a和450～1800kt/a的矿山外部运输。

往复式货运架空索道由牵引索带动2个（或2组）货车分别在2根平行架设的承载索上作交替往复运行，也有单线和双线之分。双线往复式货运索道用得最多，该索道只有装载、卸载两个站房，线路上是否设置支架依据索道长度和地形条件而定。承载索平行架设在装载站和卸载站之间，每根承载索上有1个（或1组）货车分别在装载处和卸载处与成闭合环圈设置的牵引索固结，驱动机定时作正反两个方向转动，拖动牵引索带动货车交替往复运行，把物料从装载站运到卸载站。它结构简单、建设快、投资小、能耗低。当物料下放运输时，无需动力。中国双线往复式货运索道的输送量一般为10～80t/h，输送量随运输距离的增加而下降。它适用于距离短、高差大的场合，线路长度一般不超过1km。为了提高输送量，一要增加货车装载量，二是提高货车运行速度。世界上最大的货车装载量已达到41t，线路无支架时运行速度达到10～15m/s。

货运架空索道的构成　主要有建筑物、设备和钢索三部分。

建（构）筑物包括各种站房和支架。装载站是索道运输的起点，装载物料的地方，设在矿仓之下，一般为单层钢筋混凝土框架结构。卸载站是索道运输的终点，卸下物料的地方，一般设在贮料仓之上，为多层钢筋混凝土框架结构。转角站是改变索道线路方向而设置的站房，有自动和非自动两种。自动转角站，货车不脱开牵引索自动转向全速通过，无需人工操作，一般为露天钢筋混凝土结构或钢结构。非自动转角站，货车进站后脱开牵引索，通过扁轨转弯后再与牵引索挂结出站，这种站通常是两个驱动段的衔接站，设置驱动机或牵引索张紧装置。锚固站和张紧站用于承载索锚固和张紧的站房，一般为露天的钢筋混凝土和钢结构。支架是依据地形以一定间距设置在索道线路中心线上用以支承承载索和支托牵引索的构筑物，主要为钢筋混凝土和

钢结构，钢筋混凝土支架呈“T”型，钢支架为正方锥塔型。支架顶端横担两侧设置摇摆鞍座(单线索道为托索轮组）支承承载索（单线索道为运载索），架身两侧设置托索轮支托牵引索。

设备有标准设备和非标准设备。标准设备中国已定型的有驱动机、货车、导向轮、托索轮、牵引索张紧装置等。驱动机的轮径有2.0、2.5、3.0和3.5m4种，轮槽结构有单槽和双槽之分。货车有单线和双线索道货车，单线索道货车抱索器承载能力有3.92kN、6.86kN和9.807kN（400、700和1000kg）3个等级，斗箱容积0.2～0.8m³；双线索道货车承载能力为9.807kN、19.613kN和31.381kN（1000、2000和3200kg）3个等级，斗箱容积0.5～2.5m³。

钢索主要有承载索、牵引索、运载索、平衡索、辅助索和张紧索，是架空索道的重要组成部分。承载索是双线索道作为货车行走的轨道，多采用密封型钢丝绳。牵引索、运载索和平衡索一般采用西鲁型、瓦林吞型和填充型6股麻芯顺捻线接触钢丝绳及6股7丝麻芯顺捻钢丝绳，近年来已有用面接触钢丝绳，其性能更好、使用寿命更长，但制造困难价格昂贵。承载索张紧索用于连接承载索和张紧重锤的钢丝绳，要求具有较大的破断力和良好的柔性，多采用6股61丝和8股37丝麻芯交互捻普通型钢丝绳。牵引索张紧索用于连接牵引索张紧游轮和张紧重锤的钢丝绳。一般使用与牵引索相同的钢丝绳。

客运架空索道 主要用于运输人员的架空索道。一般由站房、支架、承载索、牵引索、客车、驱动机、电气设备和安全设施等组成。工作原理与货运索道相同。

1979年，中国建成了第一条客运架空索道，到1994年客运架空索道总数已超过100条（不包括矿山井下索道）。客运索道除用于矿山职工上下班运输外，在旅游、城市辅助公共交通方面的应用前景也很广阔，且向着高速度、大运量、自动化的方向发展。

客运架空索道形式 有循环式和往复式两种。

循环式客运架空索道的客车以一定间距布置在索道线路上，由牵引索带动在两个端站之间作循环运行，客车以一定时间间隔连续发出，输送量不受索道线路长度的影响，适用于长距大运量的场合。它分为单线、双线和三线三种型式：单线循环式客运索道只有1根钢索，成封闭环状设置，既承载又牵引，故称运输索，使用的客车有吊椅、吊篮和吊舱；双线循环式客运索道有2根钢索，1根作为客车运行轨道的承载索，另1根成封闭环状设置牵引客车的牵引索；三线循环式客运索道有1根承载索和2根牵引索，为挂结安全，客车上两个抱索器采用两种型式（如重力式和螺旋式等），运行中若1根牵引索被拉断，另1根可继续运行将线路上的客车拉回站内。

往复式客运架空索道由牵引索带动2个客车分别在2根平行架设的承载索上交替往复运行，多采用大容量吊厢式客车，一般容量为30～100人，中国最大客车容量为80人。客车、与牵引索固结在一起，能爬45°的坡度，输送量随运输距离的增长而降低，它适用于距离短、高差大的场合。往复式客运索道分为单线、双线和多线3种型式。

1984年，国外出现了“双环路单线循环式”新型客运索道。有DMC和DLM两种型式。DMC索道是2根运载索平行布置成双环路封闭环形线路，由2台驱动机同步驱动，采用有2组4个抱索器能分别夹持在2根运载索上，使用载量为20～30人的吊厢式客车，抗风性强，稳定性好。DLM索道是只有一根运载索布置成双环路封闭环形线路，其优点是可保证两索同步运行，需差动装置，运载索与驱动轮间粘着力大，驱动机两个轮槽磨损不均能自动调节。

（柳铁林）

kuangqu jianshe guimo

矿区建设规模 （mining area capacity） 矿区均衡生产期的生产能力。

矿区建设规模是矿区开发建设的根本决策，是反映矿区开发的主要指标，也是决定矿区辅助企业、附属企业、行政机构、文教卫生设施以及矿区运输、供电、信息网、供水排水等建设规模及矿区地面总布置的依据，它关系到矿区建设规划布局的合理性和稳定性、矿区投资效益和国民经济或区域经济的发展。

确定原则 资源条件、外部建设条件、经济发展需要等因素，使矿区建设获得最佳的投资效果和符合规范所规定的均衡生产期年限。

（1）煤田范围大、储量丰富、地质构造及水文地质简单、煤层赋存与开采技术条件优越时，宜于建设大型矿区。

（2）当矿区地面运输、供电、供水等受外部建设条件制约时，矿区规模应适当缩小。

（3）国民经济或区域经济发展的需要是矿区开发建设的前提和确定矿区规模的重要根据，要认真调查、预测产品的社会需求，依此确定矿区规模。

（4）投资少、工期短、成本低、效益高、投资偿还期短的矿区，建设规模可适当加大，反之宜小，在确定矿区建设规模时，应留出扩建发展条件。

（5）矿区建设规模应使均衡生产年限符合《煤炭

工业矿区总体设计规范》的规定值，保证矿区长期稳定供应煤炭和投资效益。

确定方法 在矿区建设可行性研究或矿区总体设计中，依据矿区开发原则，对矿区井田划分与矿井（露天矿）生产能力方案进行综合论证后确定其主导方案，并经规划安排矿井建设和生产接替，均衡生产期各矿井（露天矿）设计年生产能力总和（Mt/a）即为矿区建设规模。一般划分大型井田的矿区，矿井设计生产能力总和即是矿区建设规模。有中、小型矿井的矿区，浅部小型矿井常为深部大、中型矿井所接替，这时需设计规划矿井接替关系，矿区均衡生产期的各矿井生产能力总和才构成矿区建设规模。矿区建设规模必须保证矿区有一定的均衡生产年限，以保持矿区规划布局的合理性和稳定性。

矿区建设规模的划分，是为了合理确定矿区的辅助企业、附属企业、行政机构、文教卫生设施、居住区、运输、供电、信息网、供水排水等工程的建设规模与标准。按不同的规模档次，分为大型、中型和小型矿区，建设规模 1～3Mt/a 为小型矿区，3～5Mt/a 时为中型矿区，5～8Mt/a 及以上为大型矿区。

矿区建设规模的确定，在充分考虑国民经济建设或区域经济发展需要的同时，要重视矿区开发建设条件与开采条件的分析，重视经济评价和按客观地质条件决定矿井井型。在加快矿区开发建设的同时，不过于强调中小为主方针，避免造成矿区建设布局与建设规模不能稳定与健康发展。

现状与展望 随着社会经济与科学技术发展，矿区建设规模逐渐增大。20 世纪 60～70 年代，中国多为中小型矿井，矿区建设规模最高为 800 万 t/a。80 年代以来，矿井向着大型化方向发展，出现了一批大型矿井，兖州矿区济宁三号矿井、晋城矿区成庄矿井，设计年生产能力 5Mt/a，大柳塔矿井 6Mt/a。矿区建设规模也明显增大，兖州矿区、铁法矿区、鸡西矿区等，矿区规模超过 15Mt/a。山西大同矿区规模达到 30Mt/a，是中国最大的生产矿区。

美国、德国、英国等对新建矿区并无严格的规模档次划分与规定，原因是矿区辅助企业、附属企业设施，文教卫生设施等多为社会化服务体系，不需要根据矿区建设规模进行配套建设。其次，根据经营公司的经营效益和投资实力确定建设规模。

确定矿区建设规模时，井田划分应留有远景发展区和后备区，以利矿区随着科学技术进步、机械装备的发展留有扩建调整的余地。国家稀缺煤种应进行保护性开采。

参考书目

《煤炭工业技术政策》，煤炭工业出版社，1987。
《煤炭工业矿区总体设计规范》，煤炭出版社，1994。

（刘宪邦）

kuangqu jianshe jishu jingji

矿区建设技术经济 （technical economy of mining area construction） 运用经济理论和方法，对矿区建设中的各种技术方案进行分析、论证评价和择优，使矿区建设取得最大经济效益。它是矿区建设可行性研究和矿区总体设计的主要组成部分。

矿区建设技术经济的内容包括矿区建设技术经济方案比较、矿区建设技术经济评价、矿区劳动定员、矿区建设总投资以及矿区建设主要技术经济指标等。

矿区建设技术经济方案比较是对矿区建设中的矿区规模、井田划分、矿井开拓方式、建设顺序、辅助配套设施的布置等主要技术方案进行经济比较。技术方案的经济比较必须具有需要、消耗费用、价格指标和时间因素上的可比性，即在同等的经济计算基础上进行。常用的比较方法有净现值法、差额投资内部收益率法、最小费用法、静态差额投资收益率和回收期法等。净现值法是根据基准收益率或社会折现律，将矿区建设项目各年的财务净现金流量或净效益，折算到建设起点的现值之和来比较，净现值大的方案较优；差额投资内部收益率法是比较方案各年净现金流量差额的现值之和等于零时的折现率，分别与基准收益率或社会折现率相对比，当大于或等于基准收益率或社会折现率时，投资大的方案较优；静态差额投资收益率法是当两个方案的产量相同时，计算年经营成本差额和投资差额之比值，比值大于基准收益率时，投资大的方案较优；静态差额投资回收期是静态差额投资收益率的倒数，回收期短于基准回收期时，投资大的方案较优。

矿区建设技术经济评价是矿区可行性研究与总体设计的重要内容，是矿区建设项目抉择的主要依据。分矿区财务评价和矿区国民经济评价两部分，前者是从企业的角度分析和考察矿区建设项目的经济效益，判断矿区建设财务上的可行性；后者是从整个国民经济的宏观角度分析和考察矿区建设项目的经济效益和社会效益，评价矿区建设经济上的合理性。一般只有财务评价与国民经济评价都可行的项目，才允许建设。当两种评价的结果发生矛盾时，应按国民经济评价的结论考虑和决定矿区建设项目的取舍。财务评价是根据国家现行财税制度、现行价格及基准收益率等作为计算的基础数据，国民经济评价是运用更能反映真实价值的影子价格、影子工资、影子汇率及社会折现率等，作为计算的经济参数。

矿区劳动定员 根据矿区总体设计确定的生产规模、生产条件和技术装备水平等对矿区各单项工程在达到设计规定的建设规模时所需要配备的各类人员的数额。矿区单项工程包括矿井、露天矿、选煤厂、辅助企业及附属企业、矿区行政文教卫生设施、矿区运输、矿区供电通讯及监控、矿区供水排水及供热、环保工程及其它等。

矿区劳动定员需按各单项工程分别计算，矿井、露天矿、选煤厂应按设计确定的全员效率求出生产人员数额，再按规定的比例求出各自的管理人员、服务人员和其他人员。生产人员、服务人员之和即为矿井、露天矿、选煤厂各项目的劳动定员总额。矿区的辅助生产单位、行政文教等其他建设项目的劳动定员，需根据矿区规模、企业生产能力、技术装备等因素分别编制。

生产人员是生产工人和管理人员的总称。生产工人指生产过程中从事生产活动的全部工人，包括井下、地面生产工人以及矿山救护、瓦斯抽放及工业卫生等工人。管理人员包括行政管理人员、政治工作人员和工程技术人员。服务人员是指服务于职工生活和间接服务于生产的人员。其他人员是指从事专用基金费用项目内的工人、厂外铁路专用线的维修人员、自营铁路的工人及管理人员等。

矿区建设总投资 又称矿区基本建设总投资。是指利用国家预算内基本建设资金、自筹资金、国内外借款及其它专项资金，用以扩大生产能力（或增加工程效益）为主要目的的矿区内新建、改建、扩建工程及有关工作的投资总和。它是固定资产投资的主要构成部分，是以货币表现的矿区建设工作量。

矿区建设总投资的构成 包括矿区建设设计规定的全部矿建工程、土建工程、设备及工器具购置、安装工程、工程建设其它费用、工程预备和价差预备费的投资，以及设计深度系数规定的补偿费用、建设期贷款利息和税金等。

（1）矿建工程费。为进行矿井井巷和硐室的开凿及支护，露天矿剥离及岩土运输工程等（包括直接费、间接费、计划利润及税金、土建及安装工程等）发生的费用。

（2）土建工程费。为进行矿区地面工业、民用、生活福利等建筑工程和矿区铁路、道路、桥涵工程以及特殊构筑物、土方工程等发生的费用。

（3）设备及工器具购置费。包括设备购置费、备品备件购置费、设备储备资金贷款利息、进口施工设备购置费等。

（4）安装工程费。包括需要安装的生产、动力、起重、运输、传动、电子、医疗、实验等各种设备的装配和装置工程以及管线敷设等发生的费用。

（5）工程建设其他费用，根据有关规定应在基本建设投资中支付的其它工程和费用，包括土地征用补偿安置费、建设单位管理费、生产筹备费、生产人员培训费、办公和生活用具购置费、联合试运转费、生产工器具及生产家俱购置费、场区绿化费、研究试验费、勘察设计费、供电补偿费、施工机构迁移费、维修费、凿井措施工程费、井巷工程施工安全技术措施费等。

（6）工程预备费。在编制矿区可行性研究报告或矿区总体设计单项工程投资估算中难以预料、而在建设过程中可能发生的工程费用。

（7）价差预备费。从投资估算编制年度到工程竣工年度期间由于价格变动引起的投资增加额。包括设备、材料价格上涨价差及工资增值，以及工程建设其它费用上涨所发生的超估算差额，可按有关部门制定的工程造价年上涨率结合工程特点、项目开工年限、每年投资使用额及建设工期综合计算。由于矿区建设项目多、建设工期长、较难准确预测此项费用，故规定价差预备费按下式计算：

$$P_c=\sum_{t=1}^{n}C_t\left[(1+e)^{(N+t-1)}-1\right] \qquad (1)$$

式中 P_c 为工程造价调整预备费；N 为概算采用价格的年度至开工前一年的年数；n 为工程开工年度至竣工年度的年数；C_t 为工程开工年度至竣工年度第 t 年的总投资；e 为投资价格指数；t 为开工年至竣工所经过的年度数。

（8）设计深度系数。在矿区总体可行性研究或总体设计阶段，补偿由于设计深度达不到初步设计的要求而有可能遗漏的工程和费用。系数值视设计文件的深度而定，一般在10%左右。

（9）建设期贷款利息。在矿区建设期间，向银行或其他金融机构基建投资借款支付的利息。利息计算的一般原则为：①当年借款可认为发生在年中，按半年利息计算；②以前各年的借款计全息；③还款应当按年末偿还，全年计息。各建设项目贷款条件不尽相同，有特殊条件的贷款（如国外贷款）；还本付息的方法需按合同要求计算。利息计算分复利计算和单利计算两种。

复利计算公式：

$$\text{建设期各年应计利息}=\left(\frac{\text{年初借款累计}+\frac{\text{本年借款}}{2}}{}\right)\times\text{年利率}$$

单利计算公式：

$$\text{建设期各年应计利息}=\left(\frac{\text{年初借款本金累计}+\frac{\text{本年借款}}{2}}{}\right)\times\text{年利率}$$

$$\text{生产期每年应计利息} = \text{年初借款本息累计} \times \text{年利率}$$

(10) 税金。列入基本建设投资内，按国家规定的对基本建设项目需征收的税和。中国现阶段国家对施工企业承包建筑、安装工程的营业收入，征收营业税、城市维护建设税、教育费附加以及对建设项目按投资比例征收的固定资产投资方向调节税等。

矿区建设总投资的范围 包括矿井（新建、改扩建、恢复）、露天矿、选煤厂、其他单项工程等。不包括由其他部门协作配合建设的工程投资。

(1) 矿井。新建矿井包括矿井从筹建至达到设计能力前设计规定的全部井上、下工程和费用的投资；改扩建矿井包括设计规定的因扩大生产能力而增加的工程和费用的投资；恢复矿井包括井巷疏干及井上、下修复以及需新建的工程和费用的投资。

(2) 露天矿。包括设计规定的移交生产前的全部剥离工程和达到设计能力前的全部地面建筑工程、安装工程、设备购置、其它工程和费用的投资。移交生产后，为达到设计能力而继续进行的剥离工程费用，按规定计入生产成本。

(3) 选煤厂。包括从筹建至达到设计生产能力前设计规定的全部工程和费用的投资。矿井选煤厂与矿井的投资划分，根据有关规定，立井从箕斗受煤仓以下、斜井从井筒带式输送机或翻车机以下至产品装车全部工艺系统及铁路站线属选煤厂投资；居住区除住宅、宿舍需按矿井、选煤厂的使用面积分别计算外，公共建筑全部由矿井投资。

(4) 其他单项工程。包括矿区辅助企业及附属企业、矿区行政文教及医疗卫生设施、矿区运输、矿区供电及通讯、矿区给水排水及供热、环保等工程。投资范围包括筹建至竣工验收的全部工程和费用的投资。

投资估算方法 一般采用估算法，常用的有扩大指标估算法、估算指标估算法、概算指标估算法。

(1) 扩大指标估算法。套用已有的类似企业单位生产能力的实际投资指标或设计项目的概算投资指标，对矿区内建设项目投资进行估算。如矿井、露天矿、选煤厂设计生产能力的吨煤投资指标、铁路每公里投资指标、自备电能每千瓦发电能力投资指标等。计算公式为：

$$I_2 = X_2\ (I_1/X_1)，元/（吨煤或千瓦或公里）$$

式中 X_1 为类似企业的生产能力；X_2 为拟建项目的生产能力；I_1 为类似企业的投资额；I_2 为拟建项目的投资额。该方法将项目投资与生产能力视为简单的线性关系，估算精度较差，使用时，要注意拟建项目的生产能力、技术特征等条件和类似企业的可比性，以及被采用类似企业的投资计算年度，以便估算时计入年度价差。

(2) 估算指标估算法。根据国家或各专业部门编制的建设项目投资估算指标进行估算。设计项目的主要设计工程量分别按矿建工程、土建工程、设备购置、安装工程、其它费用等项目计算投资。使用这种方法要注意估算指标包括的投资范围，以免漏算或重复计算，还要注意投资估算指标的价格基础，以便作地区和年区价差换算。

(3) 概算指标估算法。按国家或各专业部门颁发的概算指标进行估算。该法可作为以上两种方法不足时的补充。

投资估算书的组成 一般包括编制说明、总估算表、总投资逐年分配表、单项工程投资估算及逐年分配表、单项工程三材需要量及逐年分配表等。

矿区建设的资金来源 投资决策时，需确定投资资金渠道及筹集计划，并以此计算建设项目的建设期贷款利息。资金来源主要有：①经营资金借款，即原国家基本建设“拨改贷”投资；②贷款，包括银行贷款、国外贷款、外地区贷款、其他企业贷款等；③合资。包括全民所有制和集体所有制企业的合资、地区间合资、企业间合资、中外合资等；④自筹资金，主要指建设单位向社会或企业征集资金及地方财政部门管理的各项用于基本建设投资的资金；⑤自有资金，即建设单位利用自身内部的资金用于基本建设。

矿区建设吨煤投资 建成投产的矿区按年度计（新增）生产能力中每单位生产能力（每吨煤）所用的投资，它是反映矿区建设投资水平的综合性指标。计算公式为：

$$\text{矿区吨煤投资} = \frac{\text{矿区建设总投资}}{\text{矿区设计年生产能力}}，元/吨$$

矿区财务评价 根据国家现行财税制度和现行价格，从企业财务角度对矿区可行性研究和矿区总体设计中各个建设项目进行分析、测算建设该矿区的效益和费用，考察矿区的获利能力、清偿能力及外汇效益等财务状况，判别建设矿区财务上的可行性。矿区财务评价需对矿区总体项目（包括电厂、焦化厂等单项工程）及煤炭项目分别进行评价。

财务评价的基础数据 主要有矿区生产规模及主要产品、建设投资、流动资金、产品总成本、销售收入、税金及基金等。

(1) 矿区生产规模及主要产品。需、求预测是确定矿区生产规模及主要产品的重要依据，包括从国民经济全局出发研究煤炭发展战略的宏观预测及对产品的国际国内用户状况的微观预测。还需考虑煤炭生产条

件、合理的经济规模和其它限制因素。生产规模及产品方案直接关系到矿区财务评价各项经济指标的高低及项目的财务可行性。

(2) 建设投资。根据资本保全原则，项目建成投产经营时，固定资产投资、固定资产投资方向调节税、建设期借款利息形成固定资产、无形资产和递延资产三部分（见本卷“矿区建设总投资”）。

(3) 流动资金。在生产过程中用于购置劳动对象、支付工资和其它生产费用的资金。企业流动资金从货币形态开始，经过供应过程、生产过程、销售过程转化为实物形态，其价值全部转移到产品中去，产品销售后再回到货币形态，不断地周转循环。流动资金是流动资产减流动负债之差，煤炭工业的流动资产包括应收帐款、库存材料（原料、材料、燃料、配件、备品备件等）、库存产品及现金；流动负债主要指应付帐款。矿区设计阶段计算流动资金需要量时，先要确定流动资产和流动负债的最低周转天数和每年周转次数。其中：

$$\text{应收帐款} = \text{销售收入} \div \text{周转次数}$$

$$\text{库存材料} = \text{材料费} \div \text{周转次数}$$

$$\text{库存产品} = \text{经营成本} \div \text{周转次数}$$

$$\text{现金} = (\text{经营成本} - \text{材料费}) \div \text{周转次数}$$

$$\text{应付帐款} = \left(\text{原材料} + \text{燃料} + \text{外购动力} - \text{工资}\right) \div \text{周转次数}$$

求出企业流动资金总需要量后，减去企业自有流动资金，其差额由流动资金贷款获得。流动资金一般在矿区投产前筹措，按年支付流动资金贷款利息，在财务评价计算期末一次回收偿还。

(4) 产品总成本。产品生产过程中消耗的各项费用的总和。它分为制造成本、管理费用、财务费用和销售费用。为便于计算，可按构成总成本的费用要素分为材料费、工资、职工福利费、电力费、折旧费、摊销费、修理费、利息及其它支出。矿井总成本还包括井巷工程基金和地面塌陷赔偿费等。产品总成本扣除折旧费、井巷工程费、摊销费和贷款利息为经营成本。按总成本与产量的关系分为可变成本和固定成本及半可变（或半固定）成本。随产量增减比例增减的费用为可变成本，如入洗原料煤和按产量提存的井巷工程费等；不随产量增减而增减的费用为固定成本，如折旧费、修理费、摊销费；还有一些费用，随着产量增减而变化但不成比例，为半可变成本，如材料费、工资等。

矿区设计成本计算范围主要包括矿井、露天矿及选煤厂。矿区其它项目如电厂、焦化厂等，视产品流向而定，如产品供给矿区内部各生产企业使用，则视为矿区内部转移项目，不单独计算成本；若产品作为商品进入市场，则需单独计算成本。在评价矿区或矿井选煤厂建设项目中，计算成本中入洗原料煤费用时原煤价格需扣除增值税。

(5) 销售收入。指矿区通过销售产品和营运所获得的收入。矿区产品主要是原煤、洗选后的品种煤及矿区电厂、焦化厂、矿区机电修配厂等其他企业生产并进入市场的产品。若矿区内设有自营的铁路支线、道路干线等，需计算运营收入。产品销售价格一般按市场价或合同价计算，外销产品按国际市场价格计算。

(6) 税金及基金。国家参与国民收入分配取得财政收入的一种形式。根据国家有关规定，矿区各企业应纳税种及基金有：增值税、营业税、城市维护建设税、资源税、所得税、教育费附加、国家能源交通重点建设基金、国家预算调节资金等。

财务评价报表　矿区建设项目多、建设周期长，编制财务报表的计算期（包括建设期、达产期、生产期）亦长，但一般不宜超过30年。财务评价基本报表包括财务现金流量表、损益表和资金来源及运用表。在特定情况下，尚需编制资产负债和财务外汇流量表。

(1) 现金流量表。以项目作为一个独立系统，计算项目在整个计算期内现金的流入和流出，据此计算各项动态和静态评价指标进行财务盈利性分析，计算时只计算现金收入，不计算非现金收支（如折旧、应收及应付财款等），现金收支按发生的时间列入相应的年份。因投资计算基础不同，财务现金流量表分为全部投资和自有资金两种。全部投资报表是设定全部投资均为自有资金，用以计算全部财务内部收益率、财务净现值及投资回收期。自有资金报表是从投资者角度出发，以投资者的出资额作为计算基础，把借款本金偿还和利息支付作为现金流出，用以计算自有资金财务内部收益率、财务净现值等评价指标，考察项目自有资金的盈利能力。

(2) 损益表。反映项目在计算期内各年的利润额，以此计算投资利润率、投资利税率等指标。

(3) 资金来源与运用表。根据项目的具体财务条件，测算计算期内各年的现金盈余或短缺情况，供作选择资金筹措方案、制定适宜的借款及偿还计划，并据以测算固定资产投资借款偿还期，进行清偿能力分析。当企业长期处于亏损状态，财务评价认为该项目不可行时，可不作资金来源与运用表；而当国民经济评价认为该项目可行时，为扭转这种状态，可要求国家对该企业给予财政补贴等保护措施，在资金来源与运用表资金来源里需增加“财政补贴”栏。

(4) 资产负债表。用以估算项目在计算期内借款支用和还本付息情况，国内项目一般可不编资产负债表，涉外项目如有特殊要求者应予编制。

(5) 财务外汇流量表。用以计算项目计算期内各年的净外汇流量、财务外汇净现值、财务换汇成本等指标，以进行外汇效果分析，涉外产品出口创汇的项目需编制此表。

财务评价指标　由财务报表计算财务评价指标，主要有矿区财务内部收益率、矿区投资回收期、矿区贷款偿还期及矿区财务净现值等。产品出口创汇及替代进口节汇的项目，需计算财务外汇净现值、财务换汇成本及财务节汇成本等指标，根据项目的特点及实际需要，也可计算投资利润率、投资利税率等辅助指标。根据这些评价指标，可对建设矿区进行财务盈利性分析、财务清偿能力分析、资金构成分析及资产平衡分析等。

(1) 矿区财务内部收益率。项目在计算期内财务净现值累计等于零时的折现率，是反映项目盈利能力的动态指标。当财务内部收益率大于或等于部门或行业的基准收益率时，可认为项目在财务上是可以接受的。其表达式为：

$$\sum_{t=1}^{n}(CI-CO)_t(1+FIRR)^{-1}=0 \qquad (2)$$

式中 CI 为现金流入量；CO 为现金流出量；$(CI-CO)_t$ 为第 t 年的净现金流量；n 为计算期；$FIRR$ 为财务内部收益率。

财务内部收益率可由财务现金流量表用试差法求得，即用若干个折现率进行试算，直到找到净现值等于零时的那个比值。在实际工作中，为简化计算，可选定两个折现率，分别使净现值为正值和负值，使用线性插值公式计算财务内部收益率。为避免误差过大，这两个折现率之差一般不应超过 5%，其计算公式为：

$$FIRR=i_1+(i_2-i_1)[(NPV_1)/(NPV_1-NPV_2)] \qquad (3)$$

式中 i_1 为计算的低折现率；i_2 为计算的高折现率；NPV_1 为 i_1 折现率的净现值的绝对值；NPV_2 为 i_2 折现率的净现值绝对值。

在矿区建设项目中，如有电厂、焦化厂等有销售收入的非煤炭项目，为分别了解全矿区和矿区内煤炭建设项目的财务盈利状况，一般需计算两个财务内部收益率。其一为矿区全部建设项目，对没有收益的项目，可视盈亏为零，但其投资需包括在总投资内；其二为煤炭建设项目，包括矿井、露天矿、选煤厂。

(2) 矿区投资回收期。自建设开始年算起，项目的净收益（包括利润和折旧）抵偿全部投资（包括固定资产投资和流动资金）所需要的时间，是反映项目财务投资回收能力的重要指标。它直观易理解，对技术更新快的项目进行风险分析特别有用。当计算的投资回收期小于或等于煤炭行业矿区基准投资回收期时，项目在财务上是可行的。表达式为：

$$\sum_{t=1}^{P_t}(CI-CO)_t=0 \qquad (4)$$

式中 P_t 为投资回收期（年）；CI 为现金流入量；CO 为现金流出量；$(CI-CO)_t$ 为第 t 年净现金流量。

投资回收期可用财务现金流量表（全部投资）累计净现金流量计算，公式为：$P_t=$（累计净现金流量开始出现正值的年份数）$-1+$（上年累计净现金流量的绝对值/当年净现金流量的绝对值）。

在矿区建设项目中，如有电厂、矿区机电修配厂、焦化厂等有销售收入的非煤炭项目，为分别了解全矿区和矿区内煤炭建设项目的财务盈利状况，一般需计算两个投资回收期。其一为矿区全部建设项目，对没有收益的项目，可视盈亏为零，但其投资需要包括在总投资内；其二为煤炭建设项目，包括矿井、露天矿、选煤厂。

(3) 矿区贷款偿还期。在国家财政规定及项目具体财务条件下，项目投产后可以用作还款的利润、折旧及其它收益额，偿还投资借款本金和利息所需要的时间。它是分析建设项目清偿能力的主要指标。一般国内项目来说，借款偿还期是指固定资产投资借款偿还期。流动资金借款在生产经营期内并不偿还，而是有偿占用，每年只支付利息，直至项目计算期末才将回收的流动资金归还贷方。涉外偿还期的一般表达式为：

$$I_d=\sum_{t=1}^{P_d}(R_p+D'+R_0-R_t)_t \qquad (5)$$

式中 P_d 为投资借款偿还期；I_d 为固定资产投资本金和利息之和；R_p 为年利润总额；D' 为年可用作偿还借款的折旧；R_0 为年可用作偿还借款的其它收益；R_t 为还款期间年企业留利。

贷款偿还期由财务平衡表推算，当偿还贷款本金及利息后项目出现盈余的年份，即为贷款偿还终止年份。计算公式为：贷款偿还期=（贷款偿还后开始出现盈余的年份数）$-1+$（当年应偿还贷款额/当年可用于还款的收益额）。

(4) 矿区财务净现值。项目按部门或行业的基准收益率或设定的折现率（当无基准收益率时），将各年的财务净现金流量折现到建设起点的现值之和。它是反映项目在计算期内财务获利能力的动态评价指标。其表达式为：

$$FNPV=\sum_{t=1}^{n}(CI-CO)_t(1+i_c)^{-t} \qquad (6)$$

式中 $FNPV$ 为财务净现值；CI 为现金流入量；CO 为现金流出量；$(CI-CO)_t$ 为第 t 年的净现金流量；n 为计算期；i_c 为基准收益率或设定的收益率。

财务净现值可通过财务现金流量表中净现金流量的现值求得，净现值大于或等于零时，表明项目的获利能力超过或等于基准收益率或设定收益率的获利水平，一般来说，项目是可以接受的。此外，亦可计算财务净现值率作为净现值的一个补充指标，财务净现值率是项目财务净现值与全部投资现值之比，即单位投资现值的财务净现值，其表达式为：

$$FNPVR=FNPV/I_p \qquad (7)$$

式中 $FNPVR$ 为财务净现值率；I_p 为投资的现值。

矿区国民经济评价 从国家整体角度考察建设矿区的效益和费用，用较能反映资源真实价值的影子价格、影子汇率、影子工资和社会折现率等经济参数，计算分析建设矿区给国民经济带来的净效益，从而评价拟建矿区经济上的合理性。内容包括国民经济评价的效益和费用、影子价格确定、国民经济评价报表、国民经济评价指标、不确定性分析（见矿井经济评价）等部分。

国民经济评价的效益和费用 项目为国民经济所作的贡献均视为项目的效益，包括直接效益和间接效益。同样，国民经济为项目所付出的代价均视为费用，包括直接费用和间接费用。

（1）直接效益。用影子价格计算的项目产出物的经济价值。矿区产出物包括：原煤；选后产品如块煤、末煤；洗后产品如精煤、中煤、煤泥；矿区综合利用产品如矸石砖、型煤、焦炭、电力、煤气等及矿区辅助、附属企业生产转至矿区以外进入市场的产品。直接效益的确定，分产出物增加国内市场供应量和国内市场供应量不变两种情况。①产出物用以增加国内市场供应量，其效益就是满足国内需要，即所增加的消费者支付意愿。②国内市场供应量不变时，可增加出口量，效益为获得的外汇；减少总进口量，效益为节约的外汇；顶替了原有项目的生产，效益为原有项目减产或停产向社会所释放出来的资源，即被替代企业的边际费用。

（2）直接费用。用影子价格计算的人、财、物等投入物的经济价值。直接费用的确定，分为加大国内供应量和国内供应量不变两种情况。①加大国内供应量，其费用就是增加国内生产所消耗的资源价值。②国内总供应量不变，项目投入物来自国外，其费用就是支付的外汇；项目投入物原可出口，其费用是减少的外汇收入；项目投入物挤占原用户投入物的供应量，其费用为被挤占原用户所减少的效益。

（3）间接效益。又称外部效益，是指项目建成后，除直接效益外，项目对社会产生的项目本身并未收益的那部分效益。

（4）间接费用。又称外部费用，是指国民经济为矿区建设支付了代价，而矿区本身并不实际支付的费用。

（5）直接与项目有关的税金（产品税、所得税、调节税、土地税、城市维护建设税、资源税等）、国内借款利息和财政补贴等，均属于国民经济内部转移支付，不计入项目的效益或费用。

影子价格的确定 影子价格是指当社会经济处于最优状态时，能够反映社会劳动的消耗、资源稀缺程度和对产品需求情况的价格。使用影子价格，能使资源配置向优化的方向发展。影子价格在国外又称预测价格、计算价格、最优计划价格等。确定矿区建设投入物和产出物影子价格的方法，可分为外贸货物、非外贸货物、特殊投入物、影子汇率、社会折现率五种类型。

（1）外贸货物影子价格的确定。外贸货物是指项目投入物和产出物将直接或间接影响国家进口或出口的货物。

项目投入物包括直接进口、间接进口和减少出口三种情况。①直接进口的外贸货物，影子价格为货物到岸价格加国内运输费用和贸易费用。②间接进口的外贸货物，指占用其它企业的投入物，使其增加进口的货物，其影子价格的计算为货物到岸价格加港口到用户的运输费用和贸易费用，减供应厂到原用户的运输费用和贸易费用，再加上供应厂到拟建项目的运输费用和贸易费用，为简化计算，也可按直接进口考虑。③减少出口的外贸货物，指原可用于出口的国内产品如石油、煤炭等，其影子价格的计算为离岸价格减去供应厂到港口的运输费用及贸易费用，再加上供应厂到拟建项目的运输费用和贸易费用。

项目产出物包括直接出口、间接出口和替代进口三种情况。①矿区直接出口的外贸货物主要是煤炭，其影子价格的测算是离岸价减贸易费用和国内运输费用。②间接出口的煤炭产品，指替代其它企业产品，使其增加出口，其影子价格的测算是离岸价减原供应厂到港口的运输费用及贸易费用，加原供应厂到用户的运输费用及贸易费用，再减拟建项目到用户的运输费用及贸易费用，在一般情况下也可按直接出口考虑。③替代进口的煤炭产品，指内销煤炭用于顶替原来依靠进口的货物从而减少进口，其影子价格的测算，是煤炭产品替代货物的到岸价格加港口到用户的贸易费用及国内运费，减拟建项目到用户的贸易费用及国内运输费用，一般情况下也可按直接进口考虑。

（2）非外贸货物影子价格的确定。在矿区产出物的投资费用及经营成本中，除按建设矿区特定情况确定为外贸货物之外的货物，均为非外贸货物。其影子价格的确定，主要应从供求关系出发，按机会成本或消费

者支付意愿或市场价格的原则确定。选煤厂及电厂经营成本中的入洗原煤及电厂用原煤，可直接采用矿井用影子价格调整后的原煤成本。

(3) 特殊投入物影子价格的确定。包括土地及劳务的影子价格。①国民经济对项目占用土地所付的代价为土地的影子价格，一般土地的影子价格包括两部分，即土地用于建设项目使社会放弃的原有效益和土地用于建设项目而使社会增加的资源消耗，如项目占用荒地，则土地的影子价格为零；如项目占用土地直接导致耕地的减少，或由于原有用户的搬迁间接导致耕地的减少，则需计算占用土地的机会成本列入项目的费用。②劳务的影子价格即影子工资，它由两部分组成，一是由于项目使用劳动力而导致别处被迫放弃的原有效益，二是因为劳动力的就业或转移所增加的社会资源消耗。影子工资需根据本国劳动力的状况、结构以及就业水平确定。

(4) 影子汇率。即外汇的影子价格，它体现从国家角度对外汇真实价格的估量，在项目国民经济评价中用于外汇与人民币之间的换算。产生影子汇率的原因是由于一些国家采取贸易保护政策或者出于支付的意愿，同非外贸货物相比，消费者对外贸货物付了额外的溢价，当用官方汇率将外币换为本国货币时，这种溢价没有得到反映。这种溢价代表了从整个国家的平均角度来看，外贸货物的购买者为多获得一个单位的外贸货物所愿支付的额外价格。影子汇率需根据本国一定时期内的外汇供需状况、进出口结构变化、换汇成本等因素确定。

(5) 社会折现率。即资金的影子价格，它反映了资金占用的费用。在项目国民经济评价中用于计算经济净现值及作为衡量经济内部收益率的基准值，只有经济内部收益率大于或等于社会折现率的项目才是可行的。采用适当的社会折现率进行评价，有助于合理使用建设资金和引导投资方向，社会折现率是最重要的通用参数，由国家制定发布。

国民经济评价报表　包括基本报表及财务报表。

(1) 基本报表。包括国民经济效益费用流量表(全部投资)、国民经济效益费用流量表(国内投资)、经济外汇流量表三种。全部投资和国内投资经济效益费用流量表从不同角度考察项目给国民经济带来的净效益。全部投资报表设定全部投资均为自有资金，用以计算全部投资经济内部收益率、经济净现值等指标。国内投资报表是在有外资的项目下将国外借款利息和本金偿还作为现金流出用以计算经济内部收益率、经济净现值等指标。涉及外汇收支的项目需编制经济外汇流量表，用以考察项目的净外汇效果，计算经济外汇净现值，经济换汇成本等指标。

(2) 财务报表的编制方法。可在财务评价的基础上进行调整后编制，也可单独进行编制。①在财务评价基础上进行国民经济评价，是对财务评价数据进行必要的调整，重新计算出各项费用与效益，进而完成报表的编制。调整原则是先删除项目中的计划利润、综合税、耕地占用税、资源税、销售税等国民经济内部的直接转移支付，在“现金流入”中增加“项目外部效益”，在“现金流出”中增加“项目外部费用”，然后用影子价格代替财务评价中所用的财务价格调整费用和效益的数值，包括投资、经营成本、产品销售价格及销售收入。②单独进行国民经济评价，确定评价项目费用和效益的范围，考虑本项目是否需计算外部费用和外部效益，选定投入物和产出物的价格。对在项目效益和费用中占比重较大或者国内价格明显不合理的投入物和产出物，需采用影子价格计算效益和费用，其余投入物和产出物则可采用现行财务价格计算，运用选定的价格编制报表计算各项费用和效益。

国民经济评价指标　主要指标为经济内部收益率和经济净现值，项目初选阶段可计算投资净效益率，涉及外汇收支的项目需计算经济外汇净现值和经济换汇成本等。

(1) 经济内部收益率。项目计算期内经济净现值累计等于零时折现率，是表示项目占用的投资对国民经济净贡献能力的相对指标，当经济内部收益率大于或等于社会折现率时，说明项目占用的投资对国民经济的净贡献能力达到了要求的水平，项目是可以接受的。其表达式为：

$$\sum_{t=1}^{n}(CI-CO)_t(1+EIRR)^{-t}=0 \qquad (8)$$

式中 CI 为现金流入量；CO 为现金流出量；$(CI-CO)_t$ 为第 t 年的净现金流量；n 为计算期；$EIRR$ 为经济内部收益率。

经济内部收益率可由国民经济效益费用流量表用试差法求得，计算方法与财务内部收益率相同。

在矿区建设项目中，如有电厂、焦化厂等有销售收入的非煤炭建设项目，为分别了解全矿区和矿区内煤炭建设项目的盈利状况，一般需计算两个经济内部收益率，其一为矿区全部建设项目，对没有收益的项目，可视盈亏为零，但其投资需计入总投资内；其二为煤炭建设项目，包括矿井、露天矿、选煤厂。

(2) 经济净现值。用社会折现率将项目计算期内各年净效益折算到建设期初的现值之和，它表示项目占用的投资对国民经济的净贡献能力的动态评价指标。

$$ENPV=\sum_{t=1}^{n}(CI-CO)_t(1+i_s)^{-t} \quad (9)$$

式中 $ENPV$ 为经济净现值；i_s 为社会折现率；CI 为现金流入量；CO 为现金流出量；$(CI-CO)_t$ 为第 t 年的净现金流量。

经济净现值可通过国民经济效益费用流量表中净现金流量的现值求得。①经济净现值大于零，表示国家为项目付出代价后，除得到符合社会折现率的效益外还可得到以现值表示的超额社会效益；②等于零，说明项目占用投资对国民经济所作净贡献达到社会折现率的要求；③小于零，说明项目占用投资对国民经济所作净贡献达不到社会折现率的要求。一般来说，经济净现值大于或等于零的项目是可以接受的。

此外，尚可计算经济净现值率作为补充指标，经济净现值率是经济净现值与全部投资现值之比，表明单位投资现值对国民经济所作的净贡献。其表达式为：

$$ENPVR=ENPV/I_p \quad (10)$$

式中 $ENPVR$ 为经济净现值率；I_p 为投资的现值。

(3) 投资净效益率。项目投产后，单位投资对国民经济所作的净贡献。投资净效益率大于社会折现率的项目是可以接受的。其计算式为：投资净效益率＝(年净效益或平均年净效益/全部投资) ×100%。

(4) 经济外汇净现值。采用影子价格、影子汇率和社会折现率计算，分析项目实施后对国家外汇收支的影响。通过经济外汇流量表可直接求得。经济外汇净现值大于或等于零时，表示从外汇的获得或节约的角度看，项目是可以接受的。其表达式为：

$$ENPV_F=\sum_{t=1}^{n}(FI-FO)_t(1+i_s)^{-t} \quad (11)$$

式中 $ENPV_F$ 为经济外汇净现值；FI 为外汇流入量；FO 为外汇流出量；$(FI-FO)_t$ 为第 t 年的净外汇流量；i_s 为社会折现率；n 为计算期。

(5) 经济换汇成本。采用影子价格、影子工资和社会折现率计算的，为生产出口产品而投入的国内资源现值与生产出口产品的经济外汇净现值之比。它反映换取一美元的外汇所需的人民币金额。经济换汇成本(元/美元)小于或等于影子汇率时，表明项目产品出口有竞争力，计算公式为：

$$\text{经济换汇成本}=\Big[\sum_{t=1}^{n}DR_t(1+i_t)^{-t}\Big]\Big/\Big[\sum_{t=1}^{n}(FI-FO)_t(1+i_s)^{-t}\Big] \quad (12)$$

式中 DR_t 为项目在第 t 年为出口产品投入的国内资源。

矿区建设主要技术经济指标 包括：①建设矿区需投入的资金、劳动力、设备、原材料及需建设的主要工程及数量；②矿区建成后的主要技术经济面貌及对设备、原材料、劳动力及矿产等资源的利用状况；③建设矿区的生产技术水平、管理水平及经济效益。在矿区建设可行性研究报告及矿区总体设计文件中列出主要技术经济指标，国家可据此对矿区建设活动进行分析，为有关部门进行审查、鉴别和决策提供依据。主要技术经济指标的内容，需根据矿区建设的特点设置，一般包括：(1) 煤的类别；(2) 可采煤层层数 (层)；(3) 可采煤层总厚度 (m)；(4) 煤层倾角 (度)；(5) 矿区地形；(6) 矿区境界；(7) 储量 (Mt)；(8) 矿区设计生产规模 (Mt/a)；(9) 矿区设计服务年限 (年) 及均衡生产年限；(10) 矿井及露天矿数目 (处) 及设计生产能力 (Mt/a)；(11) 筛选厂数目 (处) 及设计生产能力 (Mt/a)；(12) 选煤厂数目 (处)、设计生产能力 (Mt/a)；(13) 铁路专用线总长度 (km)；(14) 矿区道路总长度 (km)；(15) 矿区电力负荷 (kW)；(16) 变电站容量 (kVA)；(17) 输电线路总长度 (km)；(18) 矿区总供水量及其中工业用水量和生活用水量 (m^3/d)；(19) 矿区供水干管长度 (km)；(20) 矿区占地面积 (公顷)；(21) 矿区建设总投资 (万元)；(22) 矿区建设吨煤投资 (元)；(23) 矿区全员效率 (t/工)；(24) 矿区职工注册人数；(25) 矿区建设工期 (a)。

参考书目

《建设项目经济评价方法与参数》(第二版)，1993。

《煤炭工业部建设项目经济评价方法实施细则》，1991。

(孙传璞)

kuangqu jianshe kexingxing yanjiu

矿区建设可行性研究 (feasibility study for mining area construction) 对矿区开发建设的必要性、主要技术原则方案的可靠性和先进性，以及技术经济合理性的全面论证的研究。它是建设项目投资决策前进行技术经济论证必须的研究与工作内容。

可行性研究的任务 是根据资源条件、国民经济发展规划、国内外市场情况及批准的项目建议书，对拟开发建设的矿区在国民经济发展中的必要性、矿区产品方案与规模、市场需求、生产条件，外部协作与配套工程进行调研、分析和方案优选，对项目建设的技术、经济、社会效益进行综合评价与论证，其重点应以经济评价为核心，提出该矿区是否建设和如何建设，为项目投资决策提供可靠的依据。

矿区建设特别是大型矿区建设，对社会与经济发展有着重大的影响，是属于战略性的布局与决策。在矿区建设可行性研究阶段，应借鉴国内外现代化矿区建

设的新经验和新模式，优化产业结构与产品结构，发挥矿区资源优势，以提高经济效益为中心，探索矿区建设经营新模式，即实行以煤为主，煤、电（发电）、焦化、运输、建材综合开发综合经营的现代化矿区模式。

发展简况 20世纪30年代，西方国家在投资项目决策之前开始采用可行性研究方法编制可行性研究报告，并取得了良好的效果。1981年，中国国务院有关文件规定，新建、扩建大中型项目都要有可行性研究报告，1982年正式列入基本建设程序，同年，煤炭工业部颁发了《矿区建设可行性研究报告编制内容》（试行），从此新建、扩建的大中型矿区均将编制矿区建设可行性研究报告列为建设前期工作的重要阶段。1986年中国国务院规定，编报大中型项目设计任务书时，必须附可行性研究报告，为了进一步规范建设程序，国家计划委员会决定从1991年12月4日起将现行国内投资项目设计任务书和利用外资项目的可行性研究报告统称为可行性研究报告，取消设计任务书。

可行性研究报告 经过可行性研究分析论证之后，按照规定的格式与编制内容把可行性研究的成果以书面与图表的形式表达出来的文件称为可行性研究报告。经审查批准的矿区建设可行性研究报告作为矿区总体设计的依据，也是编制总体设计时，进一步对煤的用户、流向，水、电、运输等外部协作条件与有关部门共同研究规划方案的基础，同时也是国家计划部门安排中长期计划和地质部门安排地质勘探工作计划的基础。

编制矿区建设可行性研究报告的主要依据有：①批准的项目建议书；②矿区详查地质报告及水源勘探资料；③国家和本地区国民经济发展中对煤炭需求的规划或预测资料；④主管部门及建设单位对矿区建设的设想和要求。

可行性研究报告一般包括下列11项内容：①总说明。阐述矿区位置、隶属关系、工作依据及编制过程；矿区建设可行性的综合评价；存在的主要问题及建议；②矿区概况及建设条件。矿区概况、矿区资源和建设条件，重点对资源、开采技术条件、用户及用量、电源、运输、水源等作周密的调查与详细的叙述；对矿区勘探程度及勘探报告中存在的主要问题及下一步勘探工作提出评价与要求；对矿区内伴生有益矿物的赋存情况及开采的经济价值作出评价；③矿区开发。矿区开发的主要原则，矿区内各井田（露天矿）的划分、设计生产能力等主要技术原则提出多方案的技术经济分析与论证并确定最优方案；论证矿区建设规模的可行性与合理性；提出矿区建设实施计划，确定矿区内同时建设的矿井（露天矿）个数与规模，矿区开工至达到建设规模的时间和均衡生产持续时间；④用户与产品方案。阐述矿区各开采煤层的煤质并对煤的质量、可选性、资料的可靠性和代表性作出评价；国家及地区对本矿区产品数量与质量的需求规划或预测，建设单位与主管部门对产品用途、用户、流向的初步设想和要求，进入国际市场的前景与产品竞争能力的分析，本矿区产品品种的合理用途、用户、流向的最佳方案；产品加工方法和选煤厂、筛选厂的设置；⑤矿区地面设施及总布置。矿区总体布置的功能分布、各矿井（露天矿）的工业场地、矿区辅助与附属企业、矿区行政文教卫生设施和居住区的布置原则及位置选择的论述；按有关规定的指标对上述设施的面积人口作出估算；对矿区地面总布置与城镇规划结合情况，与有关部门协作的可能性作出评价；提出开采后地面防洪排涝工程规划的意见；对重大迁建与保护的工程，论证其迁建或保护的必要性与措施；⑥矿区外部协作配套工程。对矿区外部水、电、运网衔接等问题要经多方案的比选，推荐出可行的最佳方案；⑦综合开发利用及环境保护。根据矿区资源特点提出综合开发与综合利用方向和改革煤炭产品结构的可能性；对伴生有益矿物的开采和利用提出综合开采规划；阐述矿区环境现状与主要污染因素，开采后环境状况的变化及应采取的措施；⑧技术经济分析及主要技术经济指标。估算矿区达到设计规模时的职工人数和劳动生产率；估算矿区达到设计规模时的基本建设投资；估算产品成本、销售价格、销售收入及利润。重点是对矿区建设项目进行财务评价和国民经济评价，论证矿区开发建设对国民经济的重要意义；⑨矿区建设可行性的综合评价。评价建设本矿区的必要性；分析矿区建设条件，对本矿区建设中存在的问题提出解决措施与建议，论证近期建设本矿区的可行性；论述矿区产品的合理用途、用户、销售前景；预测矿区建设可能达到的经济效益与风险，综合论证矿区建设的技术经济合理性；⑩附图。矿区交通位置图；矿区地质地形图；各主要煤层的地质图；矿区水文地质图；矿区井田划分推荐方案图；矿区地面总布置图；⑪附件：项目建议书及其批准文件；地质报告审批文件及其它等。

参考书目

刘国恒主编，《可行性研究辞典》，学术期刊出版社，1989。

中国国际工程咨询公司编，《建设项目评价咨询手册》，中国计划出版社，1988。

（吴思毅）

kuangqu jianshe shunxu

矿区建设顺序 (construction sequence of mining area) 矿区内各矿井（露天矿）及其它矿

区工程建设实施的优化安排。它是矿区建设顺序的主体，决定整个矿区建设的总工期。矿井建设顺序是根据矿井煤层开采条件及矿区运输、供电、供水等外部建设条件按先浅后深、先易后难、投资少、见效快的原则进行排队。露天矿应优先建设。同时建设的矿井数目应考虑资金、物力、施工力量的合理衔接。矿井建设顺序排定之后再安排矿区内其他单项工程建设顺序，使建设资金、设备、材料、劳动力等，得到合理、有序、平衡的投入。根据矿区建设顺序，可确定矿区建设的总工期和达到建设规模的时间。

矿区建设是个复杂的系统工程，包括主体生产企业、辅助企业、附属企业、矿区中心区、行政及文教卫生设施、地面配套工程等。这些工程建设顺序安排的总目标是保证矿区建设尽快形成生产能力，使矿区生产持续、稳定、协调发展。矿区辅助、附属企业及配套工程设施，必须与矿区主体生产企业同步建设形成相应的生产能力，并为建设期服务，减少临时工程费用，提高矿区建设的经济效益。

矿区总体设计批准后，应编制“矿区建设组织设计”并经主管部门审批，使矿区内各项工程和外部配套工程协调建设，实现科学的项目管理。

（刘宪邦）

kuangqu kaifa

矿区开发 （mining area exploitation） 根据矿区的特点与开发原则对矿区井田划分、矿井生产能力、开拓方式、矿区建设规模和矿区建设顺序进行的全面技术经济研究和综合评价工作。矿区建设规模和生产发展速度应根据资源情况和市场需求，结合国家宏观规划布局和矿区产品运销等开发条件，通过企业效益和社会效益论证，合理确定。矿区内井田开发顺序和开采工艺的选择，应根据投资效益和地质条件确定。矿区均衡生产服务年限应符合《煤炭工业矿区总体设计规范》的规定。矿区开发规划是矿区总体设计的主要组成部分，是进行矿区运输、供电、辅助企业与附属设施、总平面布置和环境保护等设计的主要依据。对稳定矿区生产和经济效益有着重大的作用和深远的影响。

矿区开发的主要内容有：①将矿区划分为若干独立开采的井田（见井田）；②确定井田开采方式（井工或露天）、开拓方式及开采工艺；③确定各矿的设计生产能力及服务年限（见矿井设计生产能力和矿井服务年限）；④确定各矿的井口及工业场地的位置；⑤确定各矿的建设顺序；（见矿区建设顺序）；⑥确定矿区建设规模、达到建设规模的时间及均衡生产的年限（见矿区建设规模和矿区服务年限）。

矿区开发的主要工作：①认真审核地质报告，搞清矿区的最终境界、储量、煤质、矿区内大的地质构造状况、煤层赋存条件及开采技术条件、矿区水文地质条件及地面条件（地形、工程地质、地面水体及洪涝灾害等），对区内其他有开采价值的共生矿产要考虑合理开发和综合利用；②因地制宜地采用先进的科学技术，参照世界矿区开发的先进经验和发展趋势拟定远景发展规划；③充分考虑国家宏观经济发展和国内外市场的需求，优先开发储量丰富、开采条件和煤质好、交通方便的井田，合理地确定矿区建设规模和矿井生产能力；④统筹考虑与邻近的老矿区、新矿区及煤田内现有生产矿井的改扩建的相互关系，在老矿区附近建设的新矿区要运用老矿区开发和生产的经验，充分发挥老区支援新区的作用，对中央和地方的矿井应统一规划合理布局；⑤统筹安排全矿区各项工程的建设，用最少的投资、最短的时间达到矿区建设规模并获得全矿区最佳的综合经济效益。

参考书目

《煤炭工业矿区总体设计规范》，煤炭工业出版社，1994。
《煤炭工业五项设计编制内容》，煤炭工业出版社，1990。

（何国纬）

kuangqu shudian xianlu

矿区输电线路 （mining area transmission lines） 矿区内将电力输送至用户的导电设施。矿区内部一般使用 110kV 及以下的线路。设计内容包括选线定位、电气计算、电线力学计算、对通信线的影响、杆塔与基础五部分。

选线定位 线路的起迄点为变电所（电源及用户）统一规划的进出线位置，根据沿线气候、土壤、河流、铁（道）路、线路（通信、电力）、矿藏和塌陷区等条件选择路径，线路宜利用井田境界或断层煤柱，无煤柱可利用时，线路亦宜减少通过煤田的路段长度，并使两回线路间有足够距离，以免同时受塌陷影响。线路一般经图上选线和现场选线两个步骤确定线路走向。定位是在选定的路径上，按有关规定核对各种场所、设施的交叉跨越是否符合要求，然后定线、测绘断面、合理配置杆位。

电气计算 为保证供电电压质量，减小电力、电能损失，在正常工作电压、内部过电压和大气过电压时使线路有足够的绝缘强度，需对导线截面、线路绝缘、防雷保护与接地作电气计算。

导线截面 选择送电线路和重要的配电线路，一般按经济电流密度选择导线截面，并用允许电压损失、发热条件、机械强度或起始电晕电压进行校验。

线路绝缘 配合带电导体间及导体与杆塔(对地)间应有足够的距离,并保持一致的绝缘水平。绝缘子要保证机械强度,泄漏距离应大于不同污秽地区所要求的泄漏比距。不同气象条件下,考虑了绝缘子串的摇摆、水平风偏及跳线风偏等因素后,使导线与杆塔之间要有足够的空气间隙。导线在杆塔上的距离与工作电压、弧垂、相应风速引起的导线摆动及检修等因素有关。

防雷保护与接地 雷击线路分直接雷击和间接雷击。直接雷击系指雷电击中线路,雷电流通过线路阻抗产生的压降和雷电流通道电磁场的感应电压共同组成,有很高的幅值;间接(感应)雷击是在线路附近地面遭到雷击时,由迅速变化的电场和磁场对电线产生的静电感应和电磁感应而形成的过电压。线路的防雷保护主要依靠加强线路绝缘、架设避雷线和降低杆塔接地电阻。35kV 及以上线路承受雷电过电压的能力,一般用耐雷水平表述,即雷电对线路放电引起绝缘闪络时的临界雷电流,此值和杆型、材料特性、电线平均架设高度、杆塔接地电阻等因素有关。矿区 110kV 线路一般沿全线架设避雷线;60kV 重要线路,线路经过地区的年雷暴日在 30 日及以上时,宜全线架设避雷线;35kV 线路一般在进出线段架设 1～2km 避雷线。避雷线对边导线的保护角为 20°～30°。6(10)kV 线路应根据雷击强度选择绝缘子,在进线上装设避雷器,防止浸入波对设备的破坏。有避雷线的杆塔及装有避雷器的杆塔均要接地,接地电阻和土壤电阻率有关,一般为 10～30Ω。

电线力学计算 输电线路的导线和避雷线长期暴露在大气中,风力、冰雪等外荷载的作用和气温剧烈变化均将引起电线应力的变化。需对最大使用应力、电线弧垂与应力、平均运行应力及电线防振等进行计算,目的是保证选定的电线在发生最大应力的气象条件下不超过允许值,为杆塔设计提供不同运行情况的荷载。

最大使用应力 即以安全系数除电线的破坏强度所得的值,电线在发生最大应力的气象条件(最大风速、冰荷载或最低气温时)下不超过此应力。

电线弧垂与应力 它的基本计算式是电线悬挂在杆塔上呈悬链线状,由于曲线计算公式复杂不便使用,一般采用从悬链线公式的级数展开式中取其主要项得到近似的抛物线公式计算。悬点等高时的弧垂:

$$f_m=\frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} \tag{1}$$

悬点不等高时的弧垂:

$$f_m=\frac{\gamma l^2}{8\sigma_0\cos\beta} \tag{2}$$

式中 f_m 为挡距中间最大弧垂,m;γ 为比载,N/mm²;l 为挡距(两悬挂点之间的水平距离),m;σ_0 为电线最低点应力,N/mm²;β 为电线悬挂点高差(m)与挡距的正切角。

电线应力及弧垂随气象条件而变化。从已知气象条件的应力,求另一气象条件下的应力,利用两种气象状态下挡距内原始线长不变的原则,考虑电线的弹性及温度伸长。

由于受地形限制,一个耐张段内各挡的距离和高差不同,当气象条件变化时,各挡内产生的不平衡张力差,靠悬垂绝缘子串的偏斜而调整到各挡应力基本相同的某一数值,此数值称为耐张段的代表应力,与此应力相当的挡距,称代表挡距。

悬点等高时的代表挡距:

$$l_r=\sqrt{\frac{l_1^3+l_2^3+l_3^3+\cdots+l_n^3}{l_1+l_2+l_3+\cdots+l_n}}=\sqrt{\frac{\Sigma l^3}{\Sigma l}} \tag{3}$$

悬点不等高时的代表挡距:

$$l_r=\sqrt{\frac{l_1^3\cos^2\beta_1+l_2^3\cos^2\beta_2+\cdots+l_n^3\cos^2\beta_n}{\frac{l_1}{\cos\beta_1}+\frac{l_2}{\cos\beta_2}+\cdots+\frac{l_n}{\cos\beta_n}}}=\sqrt{\frac{\Sigma l^3\cos^2\beta}{\Sigma\frac{l}{\cos\beta}}} \tag{4}$$

式中 l_r 为代表挡距,m;l_1、$l_2\cdots l_n$ 为耐张段内各挡的挡距,m。

平均运行应力 平均气温时电线的运行应力,它与电线破坏应力的比值作为电线防振设计的控制条件。

电线防振 电线在横向 0.4～0.5m/s 的均匀风速作用下,背面形成涡流,使其受到同一频率的上下冲击力,当此频率与电线的自然频率一致时将产生谐振,使电线和金具受到损伤。为此在固定电线的金具出口处加防振锤或护线条,使电线的自然频率避开谐振频率。

对通信线路的影响 送电线路对通信线路的影响分危险影响和干扰影响。危险影响来源于送电线路接地故障时的不平衡电流,对通信线路的磁感应而产生的纵电动势和对地电压,严重时会危及人身安全、损坏设备。干扰影响来源于送电线路的基波和各次谐波电流和电压,对通信线路的静电感应而产生的杂音电压,降低传输质量,使信号失真。上述影响与送电线路中性点接地方式、接地故障电流大小、大地电导率以及送电线路与通信线路平行接近距离和长度有关,超过允许值时,需要根据不同性质的影响和不同材质的通信线路采取相应的保护措施。

杆塔与基础 杆塔型式分直线杆和承力杆（指耐张杆、转角杆、终端杆）。按材质又分钢筋混凝土杆和铁塔两类。前者耗钢少、价格低、造型简单，被矿区110kV及以下线路广泛采用。后者运输组装方便，便于多回路同杆架设，多用于交通不便的山地或出线拥挤地带。钢筋混凝土杆型又分单杆、双杆或三联杆，直线杆有带拉线或无拉线的，但承力杆均需带拉线，单杆适用于导线截面小的线路。

钢筋混凝土杆的基础，采用预制底盘、卡盘和拉线盘。铁塔一般用素混凝土或钢筋混凝土基础，跨河流防冲刷地段采用灌注式基础。

参考书目

东北电力设计院《电力工程高压送电线路设计手册》水利电力出版社，1991年。

（章典章）

kuangqu tielu

矿区铁路 （mining area railroad） 为矿区煤炭生产、建设和生活提供运输服务的专设铁路。轨距有标准轨（轨距1435mm）和窄轨（轨距为900mm、762mm、600mm）铁路两种，按功能分为矿区铁路集配站、矿区铁路专用线和煤矿铁路站场。

大型矿井、中型矿井、选煤厂和小型矿井群集中装车后的对外运输，一般采用标准轨铁路。矿区辅助和附属企业如运量较大或接轨条件好、取送车方便、工程经济合理时，也可采用标准轨铁路。小型矿井或地形复杂地区矿井的煤炭运输，可采用窄轨铁路。

矿区铁路运营有煤矿自管、铁路部门代管和统管三种方式。当矿区铁路专用线较长、运量较大、用户多而分散、取送车作业频繁、有职工通勤和具有自管能力时，宜采用煤矿自管。由铁路部门管理的矿区铁路，如有可能改为自管，要考虑有增设交接站（场、线）、机车车辆维修以及其他运营管理机构和设施的条件。

矿区铁路由区间线路及站场组成。工程内容包括线路、路基、轨道、桥梁、涵洞、隧道、站场，以及客货运设备、通信信号设备、机务及车辆设备、供电及电力牵引设备、给水排水设施、生产和生活房屋等。

矿区铁路主要设计原则有：①与矿区企业总体布置、城乡建设、农田水利、路网铁路及其他交通运输系统发展规划相协调，在满足煤炭企业运输需要的前提下，便于相邻工业企业共同使用，并兼顾沿线地方客货运输；②总体布局要运程顺捷，避免重复、往返、折角等不合理运输，简化作业程序，提高运输效率；③工程设施要在矿区总体设计的基础上，根据生产发展的需要分期建设，易于改造的工程设施可按现期设计运量确定并留有远期发展条件，不易改造的工程设施要根据矿区远期或最大设计能力所承担的运量确定；④按矿区企业远期或最大设计能力所承担重车方向的货运量划分等级，如各区段所通过的货运量不同时，可按该段货运量相应等级的铁路标准进行设计；⑤采用安全可靠和经济效益显著的新技术、新工艺、新材料。

矿区铁路集配站 办理路网列车及矿区各装（卸）车站列车的到发、解编及集结作业的车站。矿区距接轨站较远、运量大、装（卸）车站多而分散、地形复杂和专用线限制坡度难以统一以及各线列车重量不同等条件下，需设置集配站。路网到达矿区的列车在集配站分解后配送至各矿井、选煤厂及矿区其他企业的装（卸）车站，各装（卸）车站的列车则在集配站组成符合路网铁路要求的列车。

集配站一般设到发线、编解线、集结线、牵出线及机车走行线。主要设备有：行车房屋内客货运输设施、机车运转整备设备以及列车检修所等。自管铁路还要设置机车及车辆检修设备。

集配站设计原则：①集配站的位置应根据矿区运量与流向、矿区铁路行车组织、路网铁路及接轨站条件并结合矿区总体布置等因素确定，一般宜选在重车车流汇合处并靠近接轨站并尽量设在煤田范围之外；②集配站的规模应满足矿区运量要求，并预留远期发展条件和与路网铁路发展相协调，主要配线数量应根据站场作业及车流组织计算确定，到发线中应有部分股道的有效长度与衔接的路网铁路的到发线有效长度一致，其余股道的有效长可根据矿区铁路列车组成计算确定；③站型布置一般采用横列式，咽喉区道岔布置应紧凑，缩短用车行程，提高作业效率；④尽量少占农田、节约用地，注意环境保护与节约能源；⑤确定管理方式并落实相应工程。

矿区铁路专用线 为矿井、选煤厂及矿区其它企业运输服务的专设铁路。专用线设计原则有：①需与矿区总体布置、矿区铁路系统、路网铁路及其他交通运输系统相协调，当专用线运量较大，地形条件允许且与路网铁路衔接时，牵引重量尽量与路网铁路一致，为配合路网组织开行煤炭重载列车创造条件；②线路尽量选在无煤地带或矿井留设的煤柱范围内，当线路必须行经开采塌陷区或不稳定的采空区上时，要采取措施，确保行车安全；③设备配置要结合矿井、选煤厂或其它企业的特点，符合其生产流程，遵守路矿等有关技术规程，简化交接程序，提高运营效率；④专用线的部分线段或全线位于路网规划铁路的位置上时，需采用路网铁路规定的标准；⑤以调车运行的矿区机电设备修理厂、总器材库、总坑木场和爆破材料总库等辅助附属企

业的铁路岔线，可按联络线或连接线标准设计。

煤矿铁路站场 为矿区运输服务并在矿区铁路上进行装卸、会让、集配、交接或其他技术作业和办理客货运业务场所的总称。煤矿铁路站场主要有接轨站、交接站、集配站、中间站和装卸站。①接轨站是矿区铁路与路网铁路接轨的车站，其位置应根据运量、货流和车流方向、矿区总体布置及路网车站布局等比选确定，一般宜选在路网铁路的区段站或中间站，接轨点尽量使主要列车通过时不需改变运行方向。②交接站是矿区自管铁路与路网铁路办理交接作业的车站，交接作业尽量与列车技术作业或商务作业结合进行，有条件时宜与接轨站或集配站联合设置。③中间站是办理列车会让或进行部分技术作业的车站。④装卸站是在矿区铁路上主要为矿井、选煤厂或其他企业办理煤炭装卸作业的车站，其位置、站型及配线设计，需根据运量、煤炭品种、装（卸）车及衡重设备、取送车方式、地面生产系统、工业场地总布置及地形地质条件综合确定，股道配置一般由到发线、装（卸）车线、牵出线和材料线组成。⑤根据矿井城镇建设和地方客货运输需要，结合矿区总体布局，还可设置客运车站和其他企业的货运车站。

煤矿铁路车站的布置型式有横列式、纵列式和半纵列式三种。为便于管理，通常采用横列式布置。在地形条件允许时，对矿区铁路开行重载列车的装（卸）车站，可布置成环形车场，实现不摘钩连续装（卸）车，减少列车在站作业时间，提高运输效率。

矿区窄轨铁路 为矿井、选煤厂及矿区其它企业运输服务，轨距小于1435mm的矿区铁路。常用轨距有600mm，762mm和900mm三种，与标准轨铁路相比，它工程量少、投资省、建设速度快、便于维护管理、能与矿井井下运输方式相配合和利于小井群的煤炭集运等优点，但运能低、运营费高和不能与路网铁路直接接轨运输，一般用于地形复杂和运量较小的矿区内部运输。窄轨铁路设计，应根据矿区地面总体布置、运量、工程及运营条件等因素，与标准轨或其它运输方式进行技术经济综合比较确定，使其满足所服务的矿、厂生产需要和适应工艺系统的要求。其牵引类型按运量、运距、矿区动力和维修条件等因素确定，可采用内燃或电力（架线、蓄电池）机车驱动。

（朱恩济）

kuangqu xinxi xitong

矿区信息系统 （mining area information system） 矿区对内对外进行通信交流的网络。它包括通信系统和计算机管理信息系统，是为矿区各级管理人员提供、收集、存储及分析决策数据（信息）的传输中心，是矿区现代化管理的重要组成部分。

矿区通信系统 以矿区为中心，矿区内各单位之间的各类通信。由行政电话系统、调度电话系统、会议电话系统、有线电视系统、移动通信系统和专用通信信道等组成。

矿区行政电话系统 是中国矿区特有的通信系统。由于矿区多数远离大中城市和公用网干线，处于全国通信网的末端，公用网设施、能力和质量均不能满足矿区通信的需要。因此，设有煤炭工业专用通信网，便于系统内部上下级通信及公用通信。专用网为四级结构：煤炭工业部、省煤炭工业局（厅、公司）、矿务局、矿。矿区通信为半封闭式网，是煤炭专用网的关键环节，通信范围一般在100km以内，通信容量约几千至几万门（线），经矿务局电话汇接局或适宜的电话站与公用网接口，进入全国长途网。

矿区通信设计应使网络体制、信号方式、编号计划、设备程式和网络同步等方面服从专用网统一规划。矿区规划设计应着重考虑网络规划、传输设计和中继方式。①网络规划应根据矿区规模、地域范围、职工人数确定电话分局、汇接局、长途交换局位置；按照行政区的划分，一般每个矿井设一交换局，矿井集中可合建电话局，但分局服务半径以不超过5km为宜；通信容量按职工人数15%～25%考虑，住宅电话可适当放宽，应有扩容的可能。②传输设计应根据自然环境，地形条件和中继数量确定局间中继传输方式、路径；要注意传输衰减分配并使信号传送符合邮电通信网通信质量指标；由于局间中继容量大、距离较长，矿区多以微波和光缆作为传输手段，辅之以音频电缆和超短波通信。③矿区专用网内部组网方式同本地市话网，一般应采用汇接局－分局－支局方式，全矿区统一编号；小矿区可在各矿建立用户小的交换机电话站，以中继线接用户方式进入矿务局总机；矿区通信进入公用网可从一点或几点以用户方式进入当地市话局；大矿务局可以市话分局方式进入公用网，此时全矿区电话应与公用网统一编号、至省煤炭工业局（厅）和煤炭工业部以长途通信方式入网。

矿区调度电话系统 是矿区各生产管理部门指挥、管理生产的通信设施，有生产、电力、运销等专用调度系统。它以电话通信为主，并可接传真、电传、计算机通信等其它非话业务，利用矿区通信提供的专用通道来传递调度信息。

矿区会议电话系统 利用电话传输信道召开远距离电话会议的通信系统。矿务局至各矿均有多对中继线，召开电话会议时，调用1～2对通信话路。在矿务

局端接有会议电话汇接机，各矿接会议电话终端机，可举行 24 路以下的电话会议。

矿区有线电视系统 矿区多数距广播电视发射台较远，收看广播电视质量差，因此大部分矿区建有有线电视系统，收看多套中央、省市节目和自办节目。再以矿务局(或矿)为中心把多路视频信号利用矿区中继线微波或光纤通信信道传输给各矿（或由矿反向传输至矿务局)，这些通道亦可供传输生产调度信息和召开电视会议之用。

矿区移动通信系统 矿区内主要是无线寻呼和集群通信系统。无线寻呼系统是一种单向通信的超短波频段大区通信网，通信半径可达数十公里，主台有发射机、编码机，分机带有编码并有液晶显示。集群通信系统是超短波频段无线电话系统，有双向通话功能，矿区某点设主台和自动中转系统，并与有线电话中继，分机用户各有编码，所有用户分机共有多组频率，无线用户之间、无线用户与有线电话之间均可互相拨号通话，用户可为手机或车载台，视功能需要而定。

矿区通信信道 矿区信息系统中传递信息的通道，可提供行政电话、调度电话、计算机通信和有线电视系统的各类信息传输。它分有线和无线两大类、有线又分为明线、电缆和光纤通信，无线分短波、超短波和微波段通信。由于矿区通信范围一般为数十公里，属视距通信，主要使用超短波和微波通信。

明线和电缆传输分为音频和载波通信，明线由铜线或铁线立杆架线，用于音频及 12 路以下的载波通信。电缆可架空、直埋或管道敷设，有音频电缆、对称高频电缆和同轴电缆之分，高频电缆一般可开通 60 路以下载波通信，同轴电缆可开通 480 路以下载波通信，它们可由多组或多管成缆。

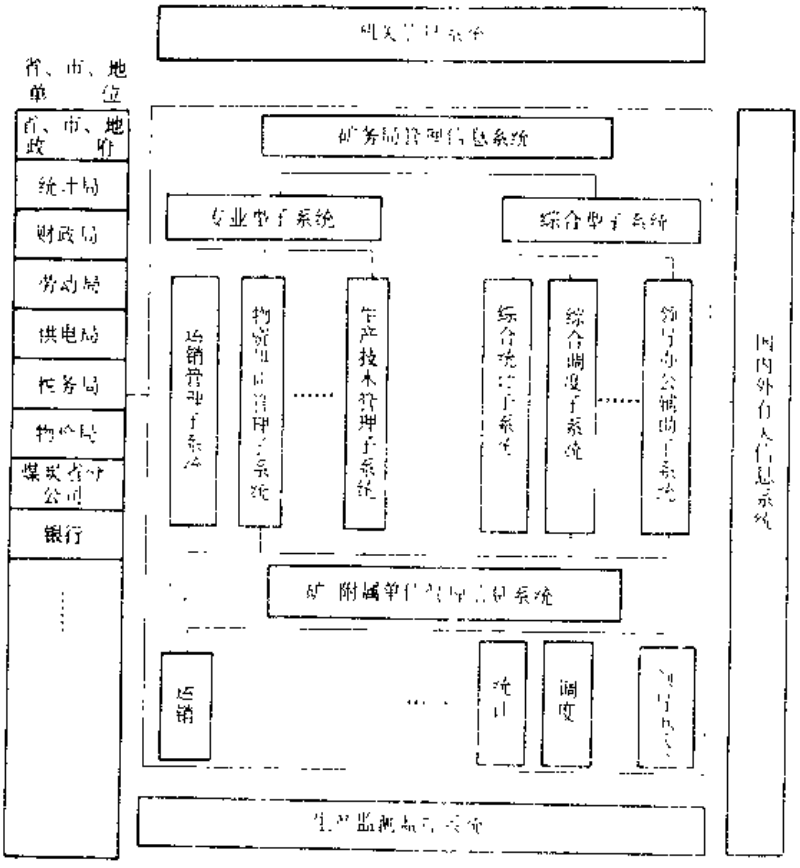
光纤通信是利用光电转换设备通过光缆传输大容量信道的通信系统，一条光纤可传输 7680 路信道（五次群)，光纤又可多纤成缆，一条光缆可使通信容量多达几万条话路，光纤通信容量大、不受干扰，与电缆同样方式敷设，且是数字化传输，是矿区通信有发展前途的传输方式。

无线类传输方式主要是超短波和微波通信。超短波有多路设备和单路设备，前者一般用于局间中继，后者用于移动通信和寻呼系统，它设备简单、设台方便，但容量小、不宜作长距离传输。微波通信是矿区通信局间中继使用较多的通信手段，它容量大、质量稳定可靠、干扰小、可数字传输、中小容量 30～480 路微波通信已在多个矿区开通。20 世纪 90 年代中国煤炭系统的微波卫星传输已开始使用，至 1994 年底已开通 22 个微波卫星站。

矿区传输方式应根据矿区特点、通信要求、地形地貌和技术水平经技术经济比较而定。

矿区计算机管理信息系统 利用计算机技术、通信技术和管理科学对煤炭企业内外部信息进行收集、加工、贮存、传递和利用的系统。目的是以矿务局及下属单位的安全生产、经营管理和生产现场监测信息做为系统管理的主体，建立起既有操作和管理控制功能、又有辅助决策功能的计算机网络系统，全面、及时、高质量地为矿务局各级管理和决策部门提供信息服务，提高企业经济效益和社会效益。

矿区计算机管理信息系统有局、矿两级，每级由综合型子系统和专业型子系统组成。各子系统均支持事务处理、管理控制和辅助决策三个功能层，总体结构见图。



矿务局计算机管理信息系统总体结构图

矿区管理信息系统的构成因矿务

局而异，主要子系统为：①综合型子系统：计划、统计、调度、办公自动化等子系统；②专业型子系统：财务、人事工资、运销、生产技术、设备供应、物资供应、煤质、基本建设、通风安全、地质测量等子系统。建立的主要数据库有：矿区概况、煤炭资源、综合计划、综合调度、技术经济、产品名录、煤炭用户、职工情况、采掘工程等。

计算机管理信息系统主要工作是依据煤炭工业信息系统规范化文件结合矿区实际情况按系统目标、设计的功能、数据处理量和约束条件确定系统合理的计算机逻辑配置方案并绘制管理信息系统示意图。它的开发包括四个阶段：系统规划、系统分析、系统实际和系统评价。计算机管理信息系统是领导者和管理者的工具，是矿区建设的一个组成部分，但管理信息系统迄今为止仍是一门新兴的多元科学。

（张健美　张永祥）

kuangqu zongti fazhan guihua

矿区总体发展规划　(general developing plan of mining area)　生产矿区结合深部和外围资源开发，统一规划全矿区的开发建设、生产经营的主要技术经济决策文件。经批准的矿区总体发展规划，是安排矿区扩建计划和编制矿厂单项工程与配套工程初步设计的依据。

生产矿区在经过多年的开采，有了较大的变化，随着社会经济快速发展和科学技术进步，原有矿区总体设计（有的生产矿区没有总体设计文件）已经不能全面指导矿区生产建设，需要再编制矿区总体发展规划。其主要任务是，通过对矿区外围和深部资源的开发建设，调整矿区生产矿井的布局（进行合并、报废、改扩建）、规划新井建设和完善矿区配套工程，以求稳定或扩大矿区生产能力，增强矿区活力，延长矿区服务年限，以提高矿区劳动效率和生产经营效益。

中国是从20世纪80年代初陆续开展对生产矿区编制矿区总体发展规划工作的，编有矿区总体发展规划的主要矿区有：大同、潞安、开滦、平顶山、焦作、鹤壁和新汶等。

生产矿区的总体发展规划不同于拟开发新矿区的总体设计，前者是在矿区现有生产经营设施基础上走以内涵方式为主扩大再生产的道路，对矿区原有生产企业和系统采取补套完善、技术改造的途径，立项新建少。由于各生产矿区的条件不同，总体发展规划的任务和目标亦不尽相同，一般有下列各项：①矿区总体开发布局的论证和确定，包括矿区深部和外围资源开发的新井建设及原有生产矿井调整布局，进而合理确定矿区生产能力，延长矿区服务年限；②根据市场调查和分析预测，发展洗选加工能力，改革产品品种，提高产品质量、增加矿区经营效益；③调整矿区产业结构，以煤炭开采加工为主，实行煤炭、电力、化工（焦化）、运输和建材等联合经营的发展模式，以提高矿区综合生产经营效益；④提高矿区技术装备水平（重点是采掘、提升、运输），规划机械化、自动化发展目标，采用新技术、新工艺、新设备，实行科学管理，提高劳动效率，改善安全生产条件；⑤完善矿区运输、供电、信息网、给水排水等配套工程和矿区辅助附属企业与设施，提高矿区综合生产能力；⑥改善矿区职工居住与文化生活质量和水平，完善矿区行政、文教、卫生等公共工程设施；⑦保护与改进矿区生产和生活环境，提出环境污染治理工程与措施规划。

参考书目

《煤炭工业技术政策》，煤炭工业出版社，1988。

《煤炭工业矿区总体设计规范》，煤炭工业出版社，1994。

（张连林）

kuangqu zongti sheji

矿区总体设计　(general design of mining area)　全面论述矿区建设和生产规划布局的技术经济决策文件。经批准的矿区总体设计是安排矿区建设计划、编制矿区内单项工程及其它附属配套工程初步设计和矿区建设组织设计的依据。

编制矿区总体设计的主要依据有：①矿区建设可行性研究报告；②矿区初步勘探（详查）地质报告；③水源勘探资料；④矿区建设环境影响评价书。

编制矿区总体设计的基本原则是：①遵循国家有关法律和法令，贯彻国家发展煤炭工业的各项方针、政策；②符合有关设计规范的规定；③合理开发利用煤炭资源；④贯彻安全生产方针；⑤依靠科学技术进步，不断提高机械化水平，改善劳动条件和提高经济效益。

矿区总体设计，一般包括下列15项内容：①前言（或总说明）。阐述编制的依据和矿区的特点；设计指导思想；矿区开发的综合评价；总体设计确定的主要原则和技术面貌；存在的问题和建议；②矿区的基本情况。概述矿区的自然地理与经济、交通、电源、水源；煤田地质特征；矿区勘探程度和储量；提出对矿区进一步勘探工作的要求；对矿区内其它具有工业用途的有益矿产的开采及利用作出评价；③矿区开发。概述矿区内现有生产及在建矿井（露天矿）的情况，老窑分布情况；根据矿区的特点与开发原则对矿区内井田划分和矿井生产能力经多方案技术经济分析与论证提出推荐方案；确定各矿井（露天矿）的开拓方式，井口位置与开

采工艺；确定矿区建设规模与设计服务年限；矿区建设顺序、达到建设规模的时间和均衡生产持续时间；①煤的洗选与加工。煤质资料的可靠性。煤质可选性分析评价；预测市场对各种产品煤的用量，论证采用的产品方案，提出煤的加工方式；确定选煤深度和方法，选煤厂、筛选厂的布局；⑤矿区地面总布置及防洪排涝。论述矿区地面总布置的功能分区，各矿井工业场地、矿区辅助和附属企业、矿区中心区和各居住区位置的选择及布置原则，推荐最优方案；对分区设置和分期建设等问题进行说明；提出塌陷区村庄迁建的规划意见和矿区防涝标准及防洪排涝规划与要求；⑥矿区辅助与附属企业及设施。说明矿区现有辅助、附属企业及设施情况以及相邻矿区、地方工业有无协作的可能；根据矿区规模与现有情况提出矿区辅助、附属企业及设施项目；各企业的规模、位置及建设顺序；提出矿区多种经营工程项目的设置；⑦矿区行政与文教卫生设施及居住区。确定矿区行政、文教、卫生设施的项目和规模，建筑面积和布局；确定矿区各居住区位置、居民总数、建筑标准及公共服务设施的指标；各居民区建筑面积及用地面积；⑧矿区地面运输。概述矿区内外现有、新建或设计（规划）的铁路、道路、水运等运输能力、装备标准、经营管理及主要技术条件；根据矿区生产的煤炭运量、流向，对矿区内外运输方式进行比选；标准轨铁路接轨站的选择，矿区铁路专用线的走向方案比较与主要技术条件；确定铁路的运营方式及相应设施，矿区道路、窄轨、水运的设置与布局；⑨矿区供电及信息网。确定矿区供电电源和电压等级，建设坑口电厂的可行性与必要性；计算矿区电力负荷及增长情况；经多方案比选确定矿区供电系统和变电所位置；矿区通信、调度系统和信道方案比选；确定各种通信系统的容量；确定矿区对外通信方案；提出矿区计算机管理及监控系统规划；⑩矿区给排水及供热。阐述矿区水文地质特征及水质分析；选择矿区水源；根据矿区用水量、用水点的条件，经方案比较确定矿区的给水系统，计算矿区各种污废水来源与水量，选择不同的污废水排水系统与处理方法；根据矿区的热负荷，选择各工业场地和居住区的供热方式；⑪环境保护和综合利用。阐述矿区的环境状况，开发建设后的主要污染源和污染物，应采用的环境保护标准；因煤炭开采后可能引起的生态及环境变化，应采取的控制污染和生态变化的方案以及复土造田和绿化规划；对环境保护措施的投资估算；提出采煤后对煤炭、煤层气、煤矸石的合理利用规划；⑫矿区及工程建设顺序。按系统工程原理对矿区建设前期准备及矿区内各单项工程的建设顺序进行优化，合理安排和规划各主要建设项目、交通设施、供电、供水、供热、防洪排涝工程、文教卫生设施和居住区的建设顺序；⑬技术经济。估算矿区达到建设规模时各工程的基本建设投资、三材需要量及逐年需要的投资；估算矿区达到建设规模时全部劳动定员及全员效率，逐年需要的职工人数；论述建设资金来源及筹措方式；估算矿区各种煤炭产品和其它产品的成本及销售利润；对矿区建设项目进行财务评价和国民经济评价，从技术上、经济上分析矿区建设和生产的合理性；矿区的主要技术经济指标；⑭附图。主要包括矿区交通图，地形地质图、各种主要地质图；矿区井田划分方案和井田开拓平、剖面图；选煤厂平面布置图；矿区地面总布置图，主要辅助企业和设施平面图，中心居生区规划布置图；矿区运输、供电、通信、给水系统等布置图；⑮附件。矿区建设可行性研究报告的审批文件；地质资料的审批文件；与有关部门协商取得书面协议及其它必须附入的文件。

矿区总体设计中的地面运输、供电、信息网、给排水、防洪排涝、爆破材料库位置和居住区规划等应与有关部门协商，并取得书面协议。

参考书目

《煤炭工业技术政策》，煤炭工业出版社，1988。

《煤炭工业矿区总体设计规范》，煤炭工业出版社，1994。

（吴思毅）

L

leiguan

雷管 (detonator) 由外界能量激发，并能可靠地引起其后的起爆材料或猛炸药爆轰的起爆器材。1867年，诺贝尔（A·B·Nobel）将雷汞装入一小铜管中，获得了良好的爆炸效果，这是世界上最早用以起爆炸药的起爆工具——雷管。由于是单一装药又称单装雷管。根据雷汞装药量由少到多，把雷管分成1～10号，以区别它的作功能力等级。当时雷管是用导火索引爆，为与导火索直径配合，雷管直径均为6.5mm，管长由1号的16mm到10号的50mm。虽有10个号别的雷管，但工业上主要采用6号和8号雷管。经过100多年的发展，雷管的结构、装药、材质已大不相同，号别虽一样，但起爆药种类、装药量和作功能力已有差别，而且各国标准也不完全相同。

为了提高雷管的起爆能力，缩短雷管的长度，1920年出现了加强雷管，又称复合雷管。它不仅装起爆药（又称副装药），下部还装猛炸药（又称主装药）。最初使用的猛炸药为梯恩梯或特屈儿，后来改为泰安或黑索金。起爆药最初应用雷汞，后来采用雷汞与氯酸钾的混合物，现在多用二硝基重氨酚、叠氮化铅等。为加强管内起爆药对猛炸药的冲击作用，自1924年在起爆药上表面压扣一个加强帽，构成了沿用至今的雷管的基本结构。

雷管按其结构和起爆方法不同分为火雷管、电雷管、导爆管雷管等。电雷管根据通电至雷管完全爆轰的作用时间长短又分为瞬发电雷管、秒延期电雷管、半秒延期电雷管、1/4秒延期电雷管，毫秒延期电雷管等。按用途或适用场合，瞬发电雷管和毫秒延期电雷管还可分普通瞬发电雷管、煤矿许用瞬发电雷管、普通毫秒延期电雷管和煤矿许用毫秒延期电雷管等品种。导爆管雷管按其作用时间，也可分为瞬发导爆雷管和延期导爆管雷管两大类。其品种、号别、类型见左下表。

（崔应娟）

导爆管雷管品种和类型

品种		号别	类型
瞬发导爆管雷管		6、8	普通、耐水
延期导爆管雷管	秒延期导爆管雷管	6、8	普通、耐水
	半秒延期导爆管雷管	6、8	普通、耐水
	毫秒延期导爆管雷管	6、8	普通、耐水

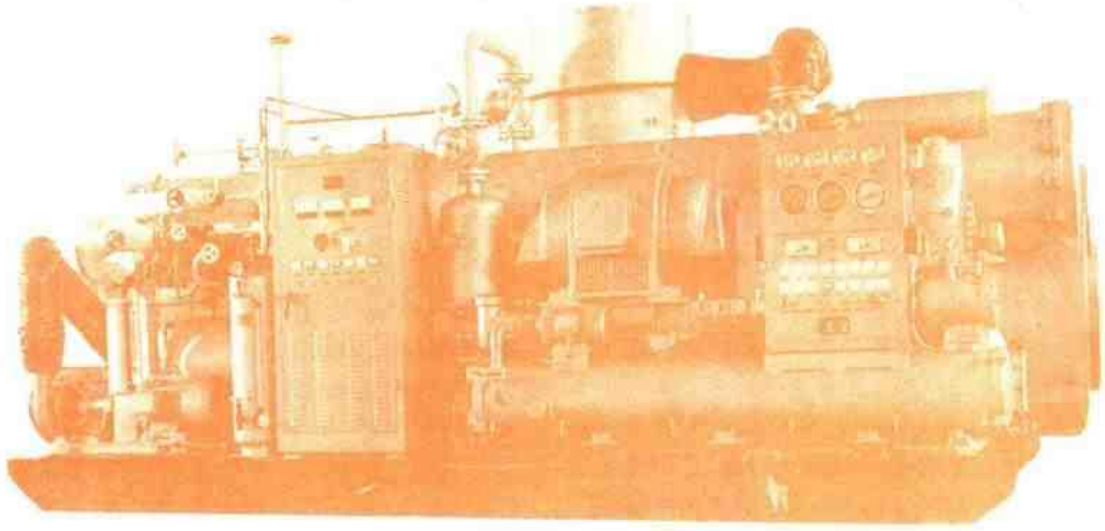
lengdongzhan

冷冻站 (cooling plant) 冻结法凿井时，集中安设制冷设备（设施）的场所。根据不同的制冷设备，有机群组合装配式冷冻站和由移动式冷冻机组组成的移动式冷冻站；按制冷方式的不同又可分为单级压缩制冷冷冻站和双级压缩制冷冷冻站。

冷冻站可为一个工程项目而专建，亦可为同一广场内的几个工程项目而共建，为了减少制冷设备的总容量，当2个井筒冻结时，可按一个井筒积极冻结、另一井筒维护冻结的工况来确定冷冻机的数量，其位置应设在井口（或所服务工程项目）的附近，避开永久建筑物和凿井主要临时设施场地，要便于铺设盐水输送管道。应设独立的供水、供电系统，有条件应设双回路供电，确保冷冻机安全运转。

移动式冷冻机组 是冻结法凿井的专用设备，也适用于流动性强的盐水制冷工程。它由冷冻机（主机）、辅助制冷装置（辅机）及电器设备等组成，按工艺流程总装在一个公用底盘上，可用起重机吊装和平板车搬运，只要接通盐水管、冷却水管和电源即可使用，见下页上图。

移动式冷冻机组的主机及其控制设备、集油器、调节阀、贮氨器、中间冷却器、盐水泵等布置在正面，便于观测、操作和维修。卧式蒸发器、冷凝器、空气分离器布置在背面，盐水、冷却水进出口布置在机组尾端，便于管路联接。机组的各种压力、温度及电机负荷等实



移动式冷冻机组（KY－KA20C 型螺杆冷冻机组）

现自动保护，液位实现自动控制。主机为螺杆压缩冷冻机，根据工程需要，可进行10%～100%的无极能量调节。

（张崇森　刘振翮）

lizi jiaohuan zhayao

离子交换炸药　(ion-exchanged explosive)　含有离子交换盐对（硝酸钠或硝酸钾和氯化铵）和硝化甘油的煤矿许用炸药。

离子交换炸药的原理是：在有约束的条件下起爆时，氯化铵和硝酸钠（硝酸钾）中的铵和钠（或钾）的离子互相交换，发生复分解反应：

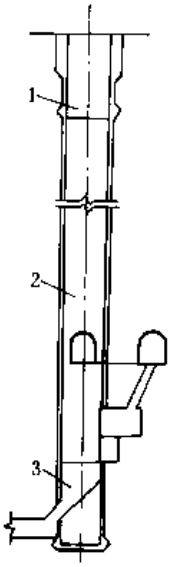
$$NH_4Cl+NaNO_3=N_2+2H_2O+1/2O_2+NaCl$$

产生一种由极细的氯化钠（或氯化钾）粒子组成的能缩小爆焰的尘雾，因而具有极高的安全性。而在无约束或约束不良的状态下起爆时，氯化铵和硝酸钠（或硝酸钾）不能发生反应，如比利时和德国的离子交换高安全炸药，在巷道试验时采用最为严格的试验条件——沟槽臼炮试验法，装药长度达2m，也不能引起瓦斯爆炸。离子交换炸药的作功能力较低，在有约束的条件下，为爆胶的33%；在无约束的条件下，为爆胶的5%。离子交换炸药是20世纪50年代后期，在欧洲发展起来的一种高安全煤矿许用炸药，后来又在组成中加入抗爆燃物质，成为一种理想的煤矿许用炸药。

（秦太杰）

lijing

立井　(vertical shaft)　又称“竖井”。服务于井下开采，在地层中开凿的直通地面的竖直通道。立井从上到下由井颈、井身、井窝三部分组成，见下图。



立井井筒纵断面图

1—井颈；2—井身；3—井窝

分类　按立井的功能分为主井、副井、混合井、风井和矸石井。①主井。提升煤炭矿产为主的井，装备一对箕斗的又称箕斗井，井内一般设通信及信号电缆。②副井。升降人员、材料、设备、提升矸石的井，装备一套罐笼的立井又称罐笼井，一般设梯子间及敷设管线。

③混合井。既升降人员、材料、设备，提升矸石，也提升煤炭的立井，一般装备一套罐笼或一套罐笼一套箕斗，有时也设梯子间、管线间。④风井。以通风为主的井筒，又分进风井与回风井，一般设梯子间，在有瓦斯抽放或防火灌浆任务的矿井，风井还设瓦斯抽放管路或黄泥灌浆管路，个别情况下风井还可以装备提升设备担负提升任务。⑤矸石井。主要用于提升矸石的井筒，装备罐笼或箕斗，一般仅在副井提升能力不够或因分区开拓需要时采用。

井颈 井口以下井壁加厚和加强的一段井筒。

立井井颈顶部为井口。通常支撑井架立架或井塔内套架、安装井口操车设备平台和防火门等。井颈下部与井身连结处常设置壁座，壁座置于坚硬、稳定的岩层或土层上。井颈净断面等于或略大于井筒内净断面。

井颈常为混凝土和钢筋混凝土结构，混凝土强度等级不宜低于C15。立井井颈壁厚一般为1.0～1.2m。井颈与风道、地道等联结处设变形缝，地面和地下水有渗漏时要作防水处理。

井颈一般按环向受压计算截面。它可作为井塔基础。井口一侧有高大井口房时对井颈会产生不均匀侧压，设计时要专门验算。

壁座 为支撑上部砌筑的井壁段而在井筒围岩中嵌入荒径外开凿井构筑的混凝土或钢筋混凝土基座。通常它也是吊挂向下掘进段临时支架或短段井壁的支点。

通常壁座置于表土段以下和马头门以上的坚硬稳定岩层中，在深井分段砌筑井壁有时也设置壁座，壁座有矩形、梯形等纵截面形状，一般高1～2m、宽0.5～1m。壁座承受上段井壁重量和向下掘进段的临时支架重量，需要对壁座进行竖向抗剪、环向抗压和基岩承载力的验算。

应用与发展 立井适用的范围很广，一般不受煤层倾角、厚度、瓦斯、水文等自然条件限制。与斜井比，立井井筒短，采用现代特殊凿井技术可较经济、安全地通过水文、地质条件复杂的地层，特别适应于开发煤层赋存深或有冲积层地质条件复杂的井田，以及多水平开采急倾斜煤层的矿井。

中国早在公元前数百年便开始采用立井挖掘煤炭，明清时立井深达200m以上。立井开采技术在公元835年经日本来华留学僧人传入日本。随着矿井生产能力的提高，提升设备的更新，使立井断面不断加大，深度逐渐加深，同时也促进了凿井技术，尤其是特殊凿井技术迅速发展。自19世纪欧洲出现新的特殊凿井技术以来，到20世纪末，英国的冻结凿井深度已达930m，中国河南陈四楼副井冻结凿井深达435m；美国的钻井深度为1829m，中国淮南潘三西风井钻井深度为508.2m；日本淹水沉井深达200.3m，中国山东单家村立井淹水沉井深达192.28m。中国煤矿立井深度已达800～1000m，如台吉主井深924m，北票冠山立井深达1060m，1991年7月开工的淮南谢李副井，净径8.5m、深1022m。

（张之浚　杨荫桓）

lijing dongjie

立井冻结 （shaft freezing） 用冻结法开凿立井井筒时冻结壁形成与维护的工艺过程。基本做法是：在井筒周围打一定数量的冻结孔，孔内安装冻结器，用管路与冷冻站（冻结站）连通；冷冻站输出的低温盐水（－25～－30℃）经去路盐水干管、配液圈及供液管到冻结器底部，再沿冻结管与供液管之间的环形空间上升进入集液圈，经回路干管返回冷冻站的蒸发器，重新冷却降温；低温盐水在流经冻结器的过程中，吸收周围地层的热量，使地层降温而形成一个具有一定强度和

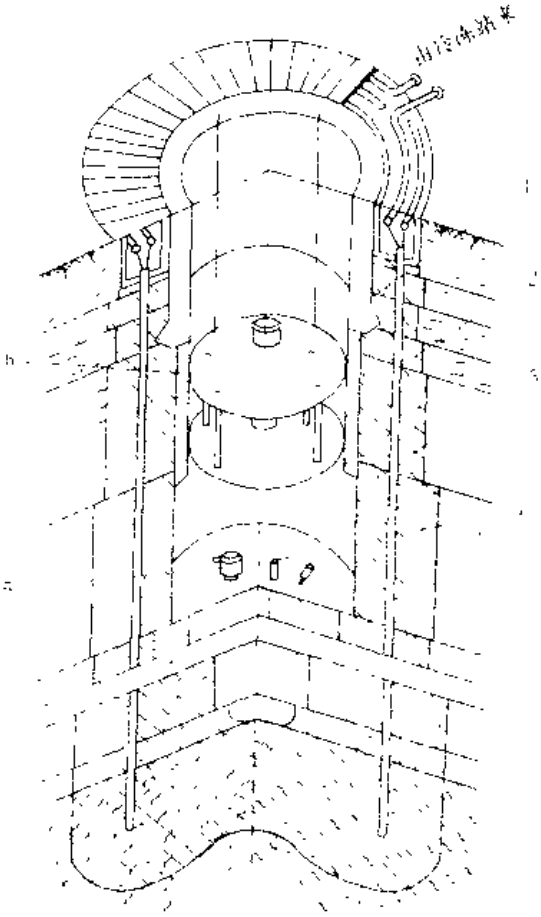


图1 立井冻结示意图
1—井壁；2—冻结器；3—冻结壁；4—水文观测孔；5—吊桶；6—吊盘

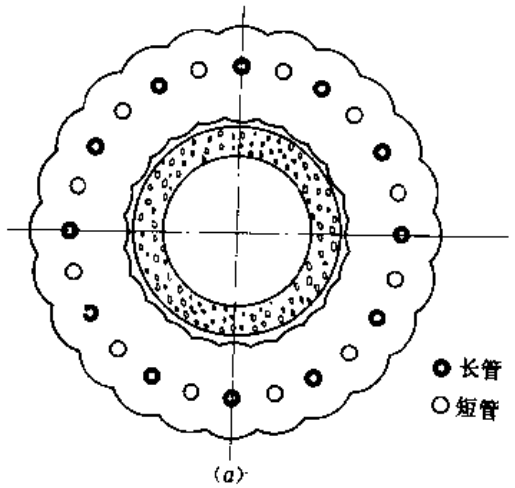
厚度的闭合的冻结帷幕(冻结壁)并在它的保护下进行井筒掘砌作业,直到凿井顺利穿过含水不稳定地层(见上页图 1)。

形成冻结壁所需的时间,取决于地层的岩土组成、含水性、地下水流速、热物理特性、相邻冻结器之间的距离、冷冻站的制冷能力和盐水温度等。

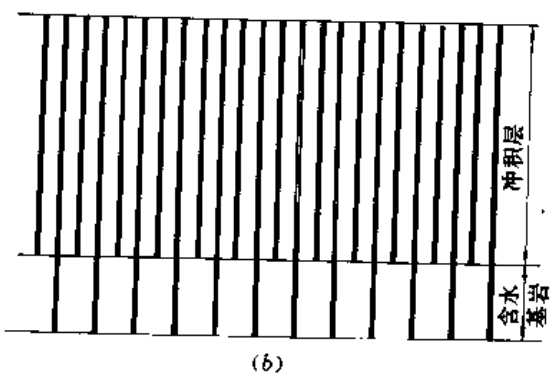
冻结方案 一般有全深一次冻结、差异冻结、局部冻结、分期冻结和双圈孔冻结,应根据井筒穿过地层的地质和水文地质情况、井筒技术特征、施工技术装备及施工队伍技术水平等条件综合分析而选定。

全深一次冻结 又称全深冻结。即所有冻结器的埋深与冻结深度相等,且整个冻结段在同一期间内进行冻结。

这种方案适应性强、安全可靠,能通过含水丰富且稳定性较差的冲积层和松软岩层,冻结深度必须深入不透水的稳定岩层 10m 以上。缺点是深部和浅部的冻结壁厚度相差甚大,所需供冷量也大,冻结与掘砌的矛盾突出,故一般较适用于冻结深度浅的井筒。当井筒冻结深度较大时,冻结孔布置圈径相应也越大,当冻结孔圈径距掘进井帮的距离大于 2.5m 时,常需采用增设辅助冻结孔(防片孔)或采用异径冻结管法,双供液管结构等辅助性的弥补措施。



(a)



(b)

图 2 长短管冻结示意

a—断面布置示意;b—冻结圈展开示意

长短管冻结 曾称差异冻结。根据井筒不同深度地层的情况和对冻结壁强度、厚度的不同要求,冻结孔布置圈采用长、短冻结器(管)间隔排列同时进行冻结的方法(见图 2)。

长管应穿过冲积层、风化带和含水的裂隙基岩,进入隔水岩层 10m 以上。短管应穿过冲积层进入风化带。以短管深度为界,上部冻结器间距小,冻土扩展速度快,冻结壁厚度大,强度也高;下部冻结器间距大,冻土扩展速度慢,冻结壁的厚度薄,强度低。

长短管冻结能合理利用冷量,有利快速施工,是应用较广泛的冻结方式。它适用于立井井筒穿过的地层上部为含水丰富不稳定的冲积层和风化带,下部为含水的裂隙岩层。当预计井筒涌水量大于 $10m^3/h$ 时,下部冻结壁只是防止地下水涌入井筒。

局部冻结 只对井巷某一段含水的不稳定地层进行冻结的方法。它用于井筒上部为稳定性较好、厚度较大的粘土层,下部为含水不稳定的砂层以及井筒透水涌砂事故的处理等。其做法是:从地面沿立井井筒四周布置冻结孔,安装专用冻结器,将冷量集中供给某一含水的不稳定地段,使之形成封闭的冻结壁、隔断地下水,使该段安全施工,同时也保护非冻结段井壁免受低温盐水的冻害,见下页图 3。

局部冻结专用冻结器由冻结管、长供液管、短回液管和隔离物组成。长供液管插到冻结段的底部,短回液管插到非冻结段底部。冻结器中隔离物的结构有隔板式、压气隔离式、盐水隔离式和套管隔离式四种。

隔板式是在冻结管的冻结段与非冻结段的界面处焊上隔板,使非冻结段内冻结管与长短供回液管之间的环形空间充满空气来隔热,隔热效果较好,但结构加工安装复杂。

压气隔离式是在冻结器上部非冻结段内,以压气充满冻结管与长短供回液管之间的环形空间来隔热,隔热效果与隔板式相近,但需增加压气设备。

盐水隔离式是在冻结器上部非冻结段内,冻结管与长短供回液管之间的环形空间灌满盐水来隔热。隔热效果较差,非冻结段的冻土扩展速度常为冻结段的 40%~50%,冷量损失大,但施工简便。

套管隔离式是在冻结器的非冻结段内的长供液管外加套管,利用套管与供液管之间的空气隔热,其隔热效果与隔板式相同。该冻结器除可用于上部不冻而下部冻结的井筒外,亦可用于上、下部冻结而中间不冻结的井筒,其结构复杂,加工安装较难。

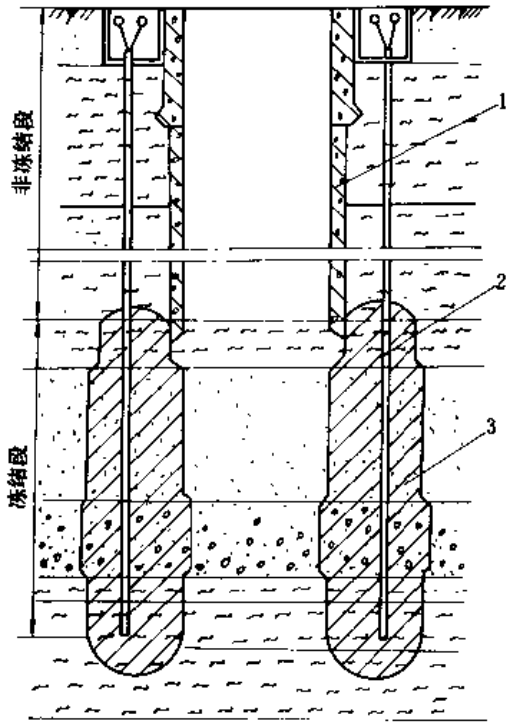


图 3　立井局部冻结
1—井壁；2—冻结器；3—冻结壁

分期冻结　又称分段冻结。将一个井筒所需要冻结的深度分为数段，自上而下依次冻结的方法。它用于井筒穿过的冲积层较深，且其中部有较厚的，稳定的粘土层可作为冻结分段的隔水层。

分段冻结的冻结段一般分为上下两段，上段先冻，当上段转入井筒掘砌后下段开始冻结，待上段井筒掘砌完后，再转入下段井筒的掘砌工作。分段长度的原则应是：使上、下段冻结的供冷量大致相等；使上段井筒的掘砌时间与下段冻结壁达到设计厚度的时间相适应。这种冻结方式能够合理地利用冷量，减少制冷设备，减少深部的冻土挖掘量，加快掘砌速度，缩短建井工期。

双圈孔冻结　井筒最大地压处以上的冻结段采用内、外两圈冻结孔的冻结方法。它常用于以下情况：含水不稳定的深厚冲积层；要求冻结壁厚度较大，强度较高，单圈冻结孔难以达到设计要求；地下水流速较大和含盐度较高的含水地层。其做法是在井筒四周布置内、外两圈冻结孔，深度均应进入设计最大地压处的含水不稳定地层底板，其中一圈冻结孔达到井筒的设计冻结深度。这种冻结方案冻土扩展速度快，冻结壁的厚度大、平均温度低、强度高、稳定性较好。

参考书目

煤炭科学研究院建井所冻结室编，《煤矿冻结法凿井》，煤炭工业出版社，1974。

《井巷工程施工手册》第十六篇冻结法施工，煤炭工业出版社，1979。

（汤志斌　熊声誉）

lijing jingtong diya

立井井筒地压　(rock pressure on shaft wall)

岩土体作用于立井井筒（壁）上的压力。它是由于井筒围岩变形或破碎而产生的。

立井穿过的表土层和基岩岩性各异，地压大小悬殊，其中第三纪和第四纪冲积层强度小、变形量大，因此，一般将立井地压分成表土地压和基岩地压。

19 世纪以来，先后出现多种立井地压估算方法，按表土不同有浅表土地压、深厚表土地压和含水层地压等。

浅表土地压　以挡土墙主动压力计算值作立井地压。最大值发生在底部。公式为

$$p=\gamma H\mathrm{tg}^2\left(45°-\frac{\varphi}{2}\right) \tag{1}$$

式中 γ 和 φ 分别为土层的容重和内摩擦角；H 为地表至土层底的深度。

深厚表土地压　浅表土地压与深度呈线性增加关系，达到一定深度后，按地压值计算的壁厚过厚，与实际出入太大；大量实测结果发现，一定深度之后地压与深度不呈线性关系，增大并不显著。太沙基（K. Terzaghi）和崔托维奇（Н. А. Цытович）建议厚表土地压可按常数给定：

$$p=\frac{\gamma\ (R_p^{\ 2}-R_0^{\ 2})}{\alpha\mathrm{tg}\varphi_0} \tag{2}$$

式中 φ_0 为土层与井壁间的静摩擦；(R_p-R_0) 是为理论计算的土层底部破裂（塑性）带宽度。

别尔扬采夫（В. Г. Березанцев）根据极限平衡分析，假设从地表到土层底部的滑移场为倒锥形，底部最大地压的表达式为：

$$p=\frac{\gamma_H}{\eta-1}\left[1-\left(\frac{R_0}{R_p}\right)^{\eta-1}\right]\mathrm{tg}\left(45°-\frac{\varphi}{2}\right) \tag{3}$$

式中

$$\eta=\frac{2\sin\varphi}{1-\sin\varphi} \tag{4}$$

含水土层地压　含水上层和流砂层中，把土、砂颗粒和有压水视为混合“重液”，按静水压力近似含水土层地压：

$$p=\gamma' H \tag{5}$$

式中 γ' 取值在 11～13kN/m³ 之间。

地压公式为井壁设计提供了参考依据，但又缺乏严密性，某些情况下与实际出入较大，尤其深厚表土地压确定是一项有待解决的工程技术问题。

实测是纪录立井地压值十分有效的方法。在筑壁时将各种压（应）力传感器置于井壁与岩土体接触面上，随时测读地压的变化。实测结果为邻近相同地层待建立井设计提供较可靠的地压数据并可供类似矿区参考。但实测工程量较大、周期长，测点数受限，实测结果局限性大。

立井基岩段地压通常按巷道地压计算。

（吴振业）

lijing jingtong yanshen

立井井筒延深 （shaft deepening） 将原生产立井井筒加深到新生产水平的工程。井筒延深是在生产矿井正常生产的情况下作业，井筒延深时必须设置人工保护盘或保护岩柱等保护设施，它能利用生产矿井原有的生产技术条件为延深服务，开工条件好。但延深工作多受矿井生产系统的限制，工作场地狭窄、凿井设备布置困难、延深作业与矿井生产相互干扰，施工组织管理比较复杂。井筒延深方法有下向井筒延深法（由原生产水平向下延深生产井筒的方法）和上向井筒延深法（由新生产水平向上凿通原生产井筒的方法）。井筒延深方案有辅助水平延深、延深间延深和反井延深三种。

辅助水平延深 辅助水平延深是在生产水平之下，通过辅助暗井设置临时辅助水平，利用保护设施将生产井筒与延深井筒隔开，在辅助水平布置巷道、硐室和延深设备，自上而下全断面延深井筒至新生产水平，最后拆除保护设施，接通上下两段井筒，见图1。

辅助暗井是由生产水平到达辅助水平的通道，有

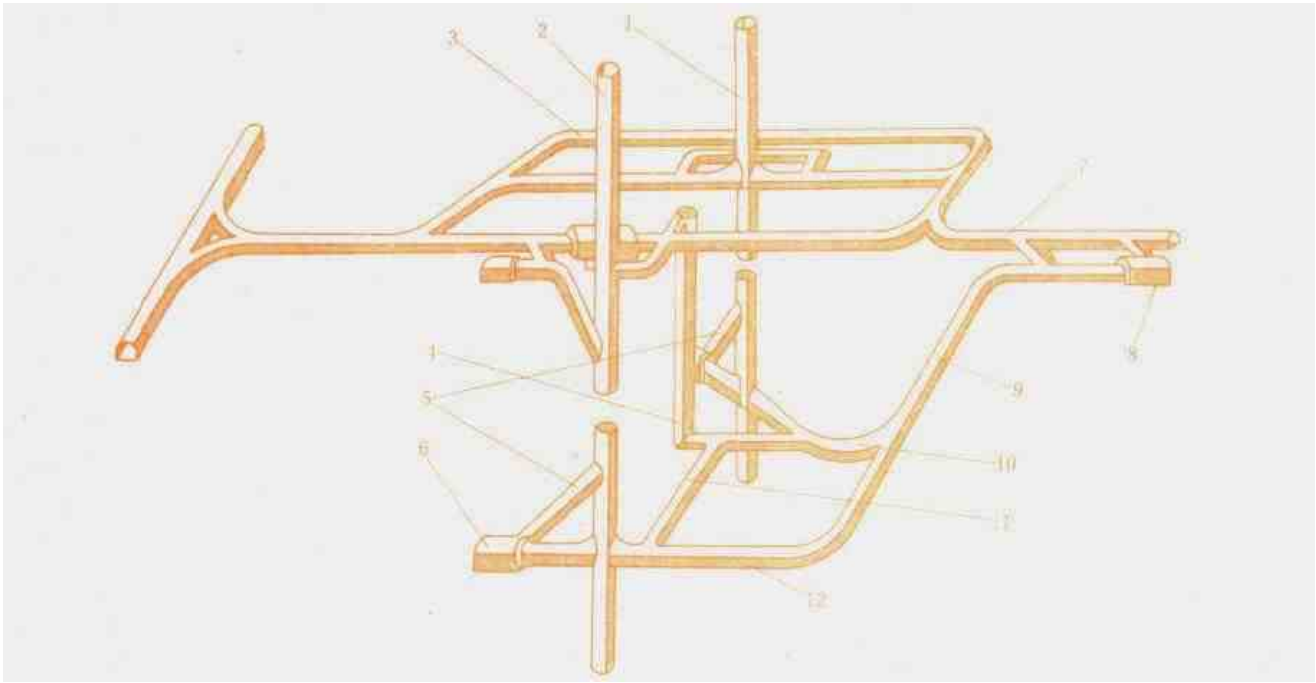


图1 辅助水平延深

1—副井；2—主井；3—生产水平井底车场；4—回风暗立井；5—绳道；6—提升机硐室；7—运输大巷；8—暗斜井提升机硐室；9—暗斜井；10—副井延深辅助水平；11—回风上山；12—主井延深辅助水平

暗斜井和暗立井两种。暗斜井比暗立井施工技术简单，采用较多。辅助水平至生产水平的垂直高度为辅助水平到凿井提升天轮的中心高度（包括过卷及绳卡高度）、天轮中心到保护盘底部的垂距、保护盘的厚度、保护盘顶部到生产水平的高度之和。

辅助水平布置方式有主、副井分设辅助水平和主、副井共用一个辅助水平两种。如主、副井分设辅助水平，则将副井辅助水平布置在主井辅助水平之上，两个井筒共用一条辅助暗斜井。这种布置方式，暗斜井掘至副井辅助水平后，其下部可与副井辅助水平同时施工，缩短副井延深工期，主、副井延深干扰少，但辅助工程量大，施工材料不便相互调节。主、副井共用一个辅助水平，辅助工程量少，管理集中。但副井保护岩柱过长，拆除岩柱对生产影响大，只有两个井筒井底标高相差不大时才宜选用。辅助水平巷道及硐室的布置，应以工程量小、投资省、利于集中管理、使用安全方便和少影

响生产为原则。

辅助水平延深与矿井生产相互影响小，井筒整个断面均可布置施工设备，掘进速度快，施工安全。但辅助工程量大，延深准备期长，费用高。

延深间延深 延深间是生产井筒中专为后期井筒延深而预留的隔间。井筒延深时，在延深间内布置和吊挂主要施工设备，在井筒延深段的顶部建立保护设施，将生产井筒与延深井筒隔开，用依附在生产井架旁侧的临时井架和临时提升机提升吊桶，井筒延深到井底，拆除保护设施，接通上下两段井筒，见图 2。

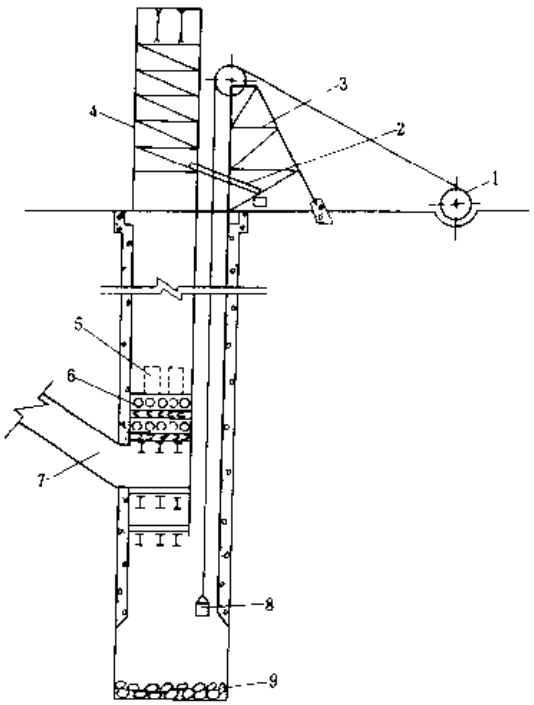


图 2 延深间延深

1—临时提升机；2—卸矿台；3—临时井架；4—生产井架；5—永久提升容器；6—保护设施；7—通道兼箕井绞车硐室；8—吊桶；9—延深工作面

采用延深间延深井筒，提升机和卸矿台有两种布置方式。①提升机和卸矿台均布置在地面；②提升机布置在地面，卸矿台布置在生产水平或延深辅助水平。第一种布置方式，卸矿、下料等主要工序在地面作业，能充分利用地面运输线路、生产设备和场地，地面辅助人员少，井下临时工程量小，与生产干扰少。但由于提升能力小，出矿速度慢，适用于提升高度小于 500m 的延深井筒。第二种布置方式，提升机设在地面，卸矿台设在井下生产水平或延深辅助水平，吊桶提升高度减少，出矿时间短，延深速度快，但井下需要增加辅助工程量，矿石需经生产水平转运到地面，运输环节多，易干扰矿井正常生产。它适用于地面布置卸矿台和运输线路受到限制，或吊桶提升能力小满足不了快速延深井筒要求的条件。

利用延深间延深井筒，施工设备及管路一般分别在地面、生产水平和延深辅助水平多层悬吊。吊桶及稳绳的悬吊位置由提升机和卸矿台的位置确定。尽量在延深间内布置混凝土输送管，这样混凝土可以在地面搅拌避免了往井下运送材料和开凿混凝土搅拌机硐室。压风、排水、供电等管线悬吊绞车宜布置在生产水平已有巷道、硐室内，充分利用井底车场生产系统为延深工程服务。悬吊吊盘、吊泵等施工设备的绞车，可布置在延深辅助水平的硐室中。为了保证延深施工安全，延深间与生产井筒必须用隔板隔开，保护设施可采用部分断面保护岩柱或人工保护盘。

延深间延深井筒，井下辅助工程量小，延深准备时间短。由于延深间断面和提升容器小，延深速度慢。延深间只在延深时使用，井筒断面利用率低。

反井延深 反井延深是由新生产水平，自下而上掘进小断面反井，在生产水平与原生产井筒贯通，或掘至临时辅助水平后，在上方修建保护设施将生产井筒与延深井筒隔开并在临时辅助水平安装施工设备，自上而下按设计断面刷大井筒并砌筑井壁至新生产水平，最后拆除保护设施，接通上下两段井筒，见下页图 3。

反井延深方法有普通反井施工法、反井钻进法、吊罐法、爬罐法和深孔爆破法。由于反井施工方法不同，各种方法需用的施工设备、施工工艺和施工特点差异很大，但井筒刷大和砌壁工作基本相同。反井刷大时，因利用反井作自由面，无需掏槽眼，炮眼利用率高。刷大时炮眼间距不宜过大，爆破后矸石块度不应超过 300mm，且应及时装出。防止堵塞反井。矸石由反井经井底巷道运出，出矿速度快，效率高。砌壁宜采用短段施工，段高 1～2m。反井口需设置封口盘等安全措施，防止人员、物件坠入反井。

反井延深主要适用于稳定、无破碎带、涌水量小和无瓦斯的岩层；新水平预先需有与生产水平连通且位于延深井井底的巷道。井筒一次延深深度因反井施工方法而异。

人工保护盘 为保障井筒延深作业安全，在原生产井筒的井窝内构筑的能阻挡坠落物的临时盘状结构物，保护盘应有足够的强度和缓冲能力、防水性能要好，结构简单，安拆方便。人工保护盘有水平保护盘、楔形保护盘、单斜保护盘和偏滑式保护盘四种。

(1) 水平保护盘由盘梁、隔水层和缓冲层组成，如下页图 4。盘梁为多层型钢构成，各层型钢应交错布置，钢梁插入井壁深度不得小于 250mm，并用混凝土

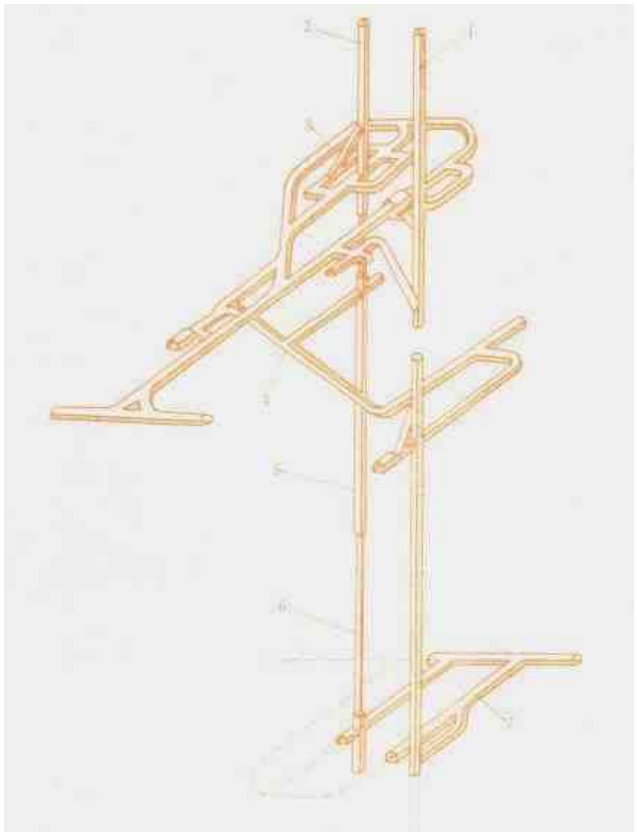


图 3　反井延深

1—主井；2—副井；
3—生产水平井底车场；4—副井井筒辅助硐室；
5—反井刷大段；6—小断面反井；
7—新水平井底车场

灌实。它能承受保护盘的自重和坠物的冲击力。盘梁上筑有隔水层和缓冲层，并留有泄水孔和测量放线孔道。隔水层可防止井筒淋水及煤泥流入延深工作面。隔水层是在盘梁上铺以木梁、木板、钢板，并在钢板上垫以砂浆、混凝土、粘土、油毡等隔水材料。缓冲层吸收坠物的冲击能量，减缓盘梁上的冲击力。缓冲层越厚，缓冲效果越好，缓冲层的厚度不宜小于 1m。缓冲材料有柴束、竹捆、木柴、锯末袋和石子等。

水平保护盘结构简单，空间高度小，安拆方便。抗冲击力较楔形盘小，在深井大提升容器的条件下所需钢材多，适用于提升高度和提升容器较小的条件。

(2) 楔形保护盘由底盘、楔形盘体、隔水层和缓冲塞组成，如图 5。底盘承托楔形盘体、隔水层和缓冲塞的自重。底盘由钢梁组成。钢梁上铺有方木、木板、油毡和粘土构成的隔水层。底盘上设有泄水孔。楔形盘体位于提升容器的下方，承受坠落容器和缓冲塞的压力，并将其传给井壁。楔形盘体的两个楔面由型钢或钢轨辗成，坚固平滑，楔面下部砌砖或充填砂、碎石等。两个楔面夹角一般为 18°～25°。为了阻止楔形盘体受坠

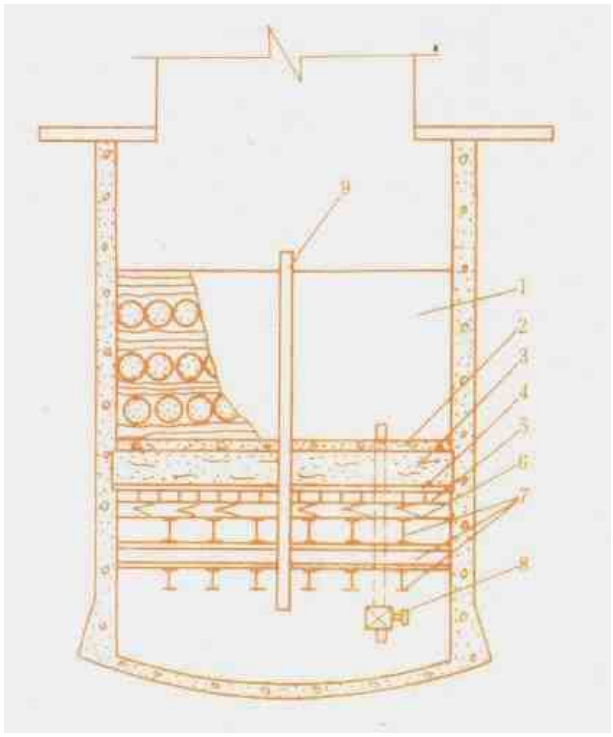


图 4　水平保护盘

1—缓冲层；2—砂浆（或混凝土）隔水层；3—粘土隔水层；4—钢板；5—木板；6—方木；7—工字钢盘梁；8—泄水管；9—放线管

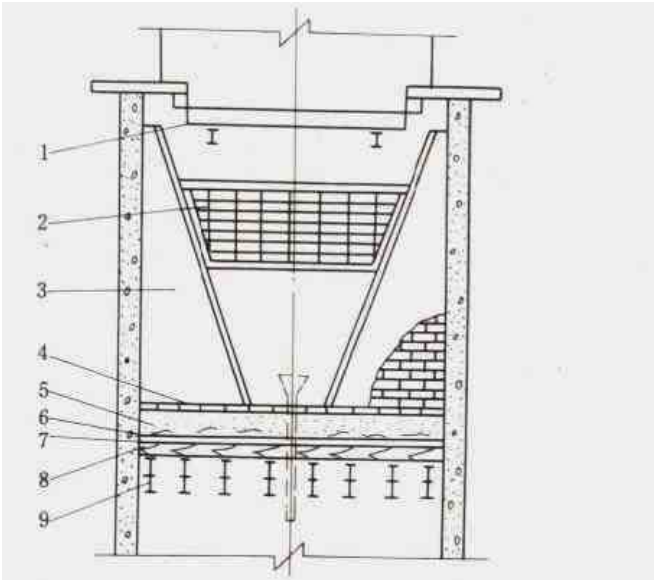


图 5　楔形保护盘

1—托罐梁；2—缓冲塞；3—楔形盘体；4—木板；5—粘土；6—油毡；7—木板；8—方木；9—钢梁底盘

物作用向下滑落，减轻底盘钢梁承受的冲击荷载，将其传给井壁，应尽量减小楔面夹角。但夹角过小会使盘体太高，体积过大。缓冲塞是将坠物的冲击力减缓后经楔形盘体传给井壁。缓冲塞由方木构成，用扁钢或螺栓将其捆成一体，防止受冲击后解体。

楔形保护盘抗冲击力比水平保护盘大，坠物冲击力由缓冲塞、楔形盘体传给井筒岩帮承受。但结构复杂、体积大、用料多、安拆不便。适用于提升容器和坠落高度较大、井窝有足够构筑楔形盘的空间的条件。

(3)单斜式保护盘由底盘、斜扣轨组合梁、斜支撑和缓冲物组成，如图6。底盘由钢梁、方木和木板组成，作为安拆斜保护盘的工作台，不承受坠物的冲击力。斜扣轨组合梁是承力结构，它由三层钢轨正反交替扣合，用四对槽钢夹紧，与水平面呈50°角，两端插入井壁，插入深度不小于250mm，并用混凝土灌实。扣梁上铺50mm厚的木板，木板上铺垫碎煤作为缓冲层。斜支撑是加强承力结构，它由两组密集木支柱构成，下端生根于井壁，上端撑住斜扣轨组合梁。

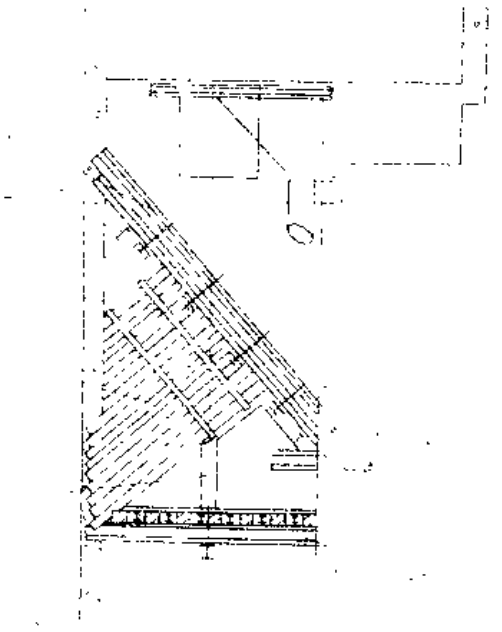


图6 单斜式保护盘

1—木板；2—斜放水平梁；3—斜扣轨组合梁；4—钢丝绳箍；5—斜撑木柱；6—木楔；7—底盘；8—悬臂梁

单斜式保护盘制动行程大，抗冲击力强，结构比楔形保护盘简单。但安拆复杂，占用井内空间大。适用于提升高度和提升容器较大的井筒。

(4)偏滑式保护盘是在井壁一侧开凿倾斜壁硐，坠落的提升容器能沿着倾斜盘面滑入壁硐，使坠物产生的冲击动能大部分由壁硐吸收，如图7。斜盘面由钢轨构成，有直线形和曲线形两种。倾斜盘面下部砌砖或充填碎石，底盘由钢轨和木板组成。壁硐装有带闸门的溜道，用于定期清理撒落在壁硐内的煤块、杂物等。

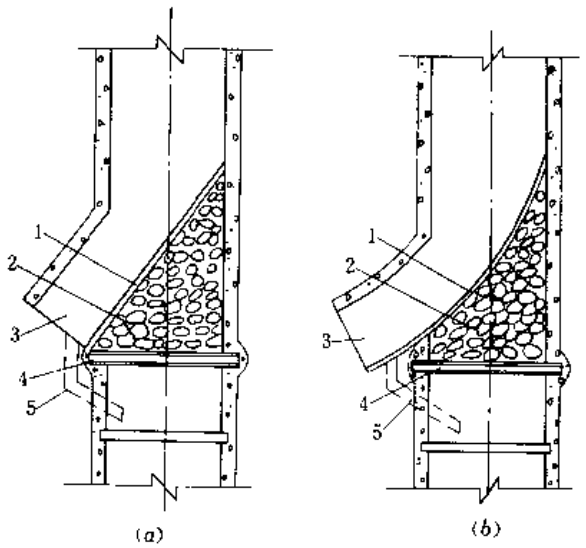


图7 偏滑式保护盘

a—直线形盘面；b 曲线形盘面

1—斜盘面钢轨；2—碎石；3—壁硐；4—底盘；5—背板

偏滑式保护盘结构简单、抗冲击力强，坠物冲击动能主要由壁硐承受，底盘受力小。但需开凿壁硐。适用于深井和大型提升容器。

保护岩柱 在井筒延深段的顶部，为保护井筒延深作业安全暂留的一段岩柱。它将上部生产井筒与延深井筒隔开，承受井筒坠物的冲击力，保护延深作业安全。根据延深方法不同，保护岩柱有全断面岩柱和部分断面岩柱两种，如下页图8。岩柱上方为生产井井底水窝，岩柱下方为护顶盘。保护岩柱应设在坚硬稳定且无裂隙的岩层中。保护岩柱的厚度应根据岩石性质确定，一般为6～8m，而且不宜小于井筒掘进直径。岩柱过小不安全，岩柱过厚，拆除岩柱工程量大，影响生产提升的时间长。护顶盘是防止保护岩柱松动冒落的盘状承重结构物，它由钢梁、木板构成，紧贴岩柱下方设置。拆除保护岩柱要在延深段井筒装备和井底推车设备安装结束后进行，拆除时上部生产井筒要停止提升，排除井底水窝积水及污物，并在生产水平设置临时保护设施。拆除岩柱宜采用自下而上掘反井与井底水窝贯通，再自上而下刷大的施工方法。矸石可充填废弃的临时巷或辅助硐室。

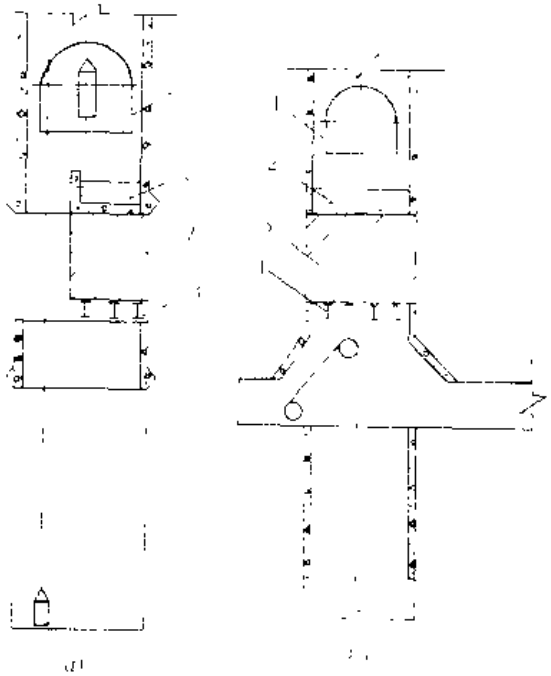


图8 保护岩柱

a—部分断面岩柱；b—全断面岩柱

1—生产水平；2—井底水窝；

3—保护岩柱；4—护顶盘

保护岩柱与人工保护盘相比，结构简单省材料，设置时间短，安全可靠，应用较广，但只适用于岩层比较坚硬且无裂隙的条件。

延深方案选择 选择井筒延深方案，与延深工程的施工速度、工效、成本、安全等经济技术指标有密切的关系，对矿井新水平的开拓、矿井的正常生产及接替亦有重大影响。影响井筒延深方案选择的因素，主要是井筒穿过岩层的力学性质、涌水量和瓦斯等工程地质条件，井筒延深深度、延深辅助工程量大小、井筒周围可供延深利用的场地和空间等施工技术条件，矿井生产接替是否紧张、施工设备状况等因素。

当新水平已有与生产水平连通且通过延深井井底的巷道时，应优先选择反井延深方案。反井延深主要采用反井钻进法、吊罐法、普通反井法等。反井钻进法不受岩石力学性质、涌水量、瓦斯等工程地质条件的制约，延深深度大，而且施工机械化程度高、工人劳动强度低、速度快、成本低、围岩震动破坏小、施工安全，它改变了传统的反井施工工艺，是今后反井延深施工的主要方法。吊罐法与普通反井法比较具有施工速度快效率高、成本低、工人劳动强度低、施工安全等优点。它适用于稳定岩层，延深深度一般为150～200m。普通反井施工法工人劳动强度大，施工速度慢，成本高，安全性差，只有在岩层稳定、无瓦斯、涌水量小和延深深度较小的条件下选用。

当井筒断面及井口具有布置延深施工设备的条件，特别是井口能布置卸矸台时，应优先选择延深间延深方案。它辅助工程量最小，地面排矸、运料方便。但由于延深间断面小，吊桶容积小，施工速度慢，延深工期长，延深间延深方案宜用于矿井生产接替不紧张，且涌水量较小的条件。

辅助水平延深法，能适用于任何岩层条件，延深深度不受影响。但它辅助工程量大，成本高，只有在矿井生产接替十分紧张，为了不影响或少影响矿井生产才采用。

参考书目

沈季良主编，《建井工程手册》，煤炭工业出版社，1986。

煤炭工业部生产司组织编写，《煤矿立井井筒延深》，煤炭工业出版社，1977。

（房延贤）

lijing jingtong zhuangbei anzhuang

立井井筒装备安装 （shaft equipment installation） 立井井筒内罐道梁、罐道、梯子间、排水管路压风管路、消防洒水管路、瓦斯抽放管路、下井动力电缆通讯电缆、信号电缆等设施的安装。

由于提升容器质量大，运行时速度快，加减速时震动大，所以要求罐道梁钢支座固定牢固，罐道安装垂直一致，接头错位误差小。

罐道梁安装 罐道梁是沿井筒纵向每隔一定距离安放固定刚性罐道的横梁。按照设计先在井筒中放出大线，并在第一层安放一道经过专门校正的罐道梁作为基准梁。在基准梁上安设二至四根校正罐道梁的钢丝大线，每层梁的安装都要检查校核大线的几何尺寸，误差不得超过1.5mm。

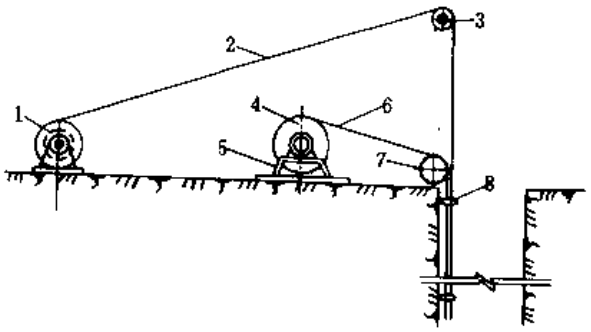
罐道梁的固定有三种型式：梁窝式、预埋钢板焊接支座式、树脂锚杆（或倒楔式锚杆）支架式。梁窝式应事先检查好梁窝的规格尺寸、位置状况，并进行清理，然后将梁穿入梁窝，用垫铁找平，用水平尺调平找正，再支模板浇灌混凝土；预埋钢板焊接支座式在预埋钢板上划好安装支承座的水平线，焊上支承座，再将罐道梁固定在合格的支座上；树脂锚杆支架式用风钻按已标定好的位置打出锚杆孔，然后将树脂药包放入孔内，用煤电钻或风钻带动锚杆装入搅拌，待凝固后做拉力试验，每根锚杆的锚固力不低于49kN，即可安装罐道梁。上述三种型式的罐道梁安装，都需在安装完成后，用树脂泥将垫板、螺栓、井壁空隙部分充填密实，作为防腐的保护层。

罐道安装有三种作业方式：一是采用悬吊于井筒中可以升降的多层吊盘，自上而下进行安装（包括罐道梁）；二是自下而上将罐道梁、罐道、梯子间、管路等一次完成；三是自上而下先安罐道梁，再自井底向上安装罐道、管路、梯子间。

梯子间有金属梯子间、玻璃钢梯子间、全封闭式复合梯子间等不同型式。安装顺序依次为梯子梁、踏板、梯子、壁网等。安装完成后，要自上而下地清理干净杂物，确保人行时安全方便。

井筒管路敷设在管子间（井筒内专门敷设管道的格间）内，排水、压风、供水管一般安装在副井井筒管子间，洒水、注浆等管路一般安装在风井井筒管子间内。安装时一般采用自下而上随罐道梁、罐道、梯子间一次安装，也可自下而上单独进行安装。井筒管路是在地面焊接法兰或管箍接头，在井筒内联接。管路安装竣工后，要按规程要求进行灌水试验和压力试验。

井筒电缆安装，在距井口 30m 左右处设一台凿井绞车，在同一方向距井口 20m 处架电缆盘。凿井绞车上的钢丝绳和下放的电缆，每 30m 左右卡一付临时卡子、其间每 3m 左右再用麻绳捆扎一次（如下图）。



用凿井绞车敷设电缆示意图

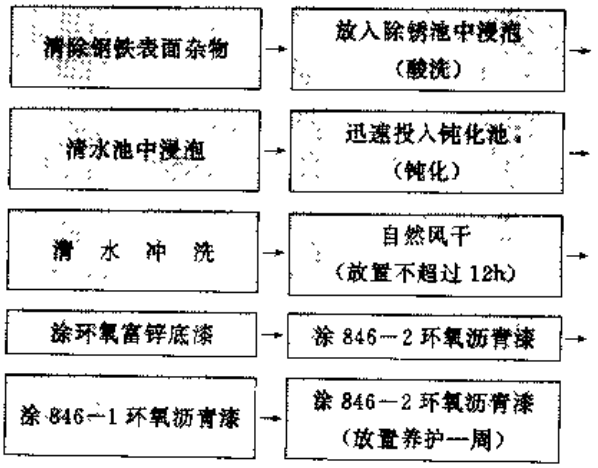
1—凿井绞车；2—钢丝绳；3—滑轮；4—电缆盘；5—支架；6—电缆；7—导向滚筒；8—临时卡子

钢丝绳应采用不旋转钢丝绳，安全系数 5 以上，导向滚筒直径大于电缆最小弯曲半径的 2 倍，导向滑轮直径应等于或大于钢丝绳直径的 20 倍，在钢丝绳的端部悬挂 50kg 左右的铁块，电缆下放时需用吊桶跟人监视，监视人需配可靠的联络通讯工具和井口联系。电缆下放到预定位置后即固定到井壁预埋的铁卡上，电缆向平巷的转弯处，应增设保护罩，立井井筒和倾角 45 度以上斜井应采用钢丝铠装不滴流铅包纸绝缘电缆或钢丝铠装交联聚乙烯绝缘电缆。

（孟庆云）

lijing jingtong zhuangbei fangfu

立井井筒装备防腐 （corrosion-preventing of shaft equipment） 为减缓井筒装备的钢构件与周围介质发生化学或电化学破坏作用而采取的防护措施。包括金属表面处理和防腐保护层施工两道工序。对罐道梁和罐道常用的酸洗钝化金属表面处理和涂料防腐保护层施工工艺如下图：



金属表面处理 在防腐涂装前彻底清除金属表面的锈层、氧化皮和各种污物，使之达到除锈质量等级标准的要求。各国钢铁除锈质量标准多采用瑞典 SISO55100 标准。除锈方法常用的是喷砂（丸）除锈和酸洗除锈，还有手工除锈、机械除锈、火焰除锈、高压水除锈等。有的除锈后要进行钝化处理或磷化处理。

喷砂（丸）除锈是利用压缩空气作动力，将砂石或金属弹丸等磨料以一定的速度喷向钢铁表面，利用磨料的冲击和摩擦作用将工件表面的锈层、氧化皮、焊渣、型砂、旧漆膜等污物除去，得到比较清洁并具有一定粗糙度的金属表面。喷砂工艺可采用封闭式喷砂或湿喷砂。湿喷砂是将砂中加入含 0.5%左右的亚硝酸钠或碳酸盐等对钢铁有钝化作用的添加剂，使钢板在一定时间内不生锈。封闭式喷砂（丸）除锈是在密闭的室内完成，采用自动化作业线，配备适当的除尘设施，工件搬运翻转、磨料的输送回收、喷枪的转向移动均由人在室外控制。

酸洗除锈是利用酸洗液与金属氧化物发生化学反应而将锈层除去。酸洗液一般采用硫酸和盐酸的混合液，除锈工作在室温下进行，气温 20℃以下一般选用以盐酸为主配成的酸液，酸洗在酸洗池内进行。

酸洗除锈或湿喷砂除锈后的构件必须及时中和、钝化或磷化处理。钝化处理是把酸洗后的钢铁构件放在一个含氧化剂和成膜物质的碱性液中浸泡，首先是

溶液中的碱把工件内残存的酸中和掉，然后再通过氧化作用以及成膜物质反应，在钢铁表面形成一层薄而致密的氧化膜。磷化处理有磷化液浸渍和涂磷化底漆两种方法，磷化浸渍是将工件放入磷化液中浸泡，磷化底漆是用于不能在槽内磷化处理的构件进行刷涂式喷涂，其作用都是在钢铁表面生成以磷酸盐为主要成分的保护膜。

防腐保护层施工 包括涂料防护层、金属防护层和复合防护层（重防护层）施工。

涂料防护层施工。是在已处理的钢铁表面上先涂刷底漆，再涂刷面漆，底漆一般选用环氧富锌底漆、氯化（氯丁）橡胶底漆或无机富锌底漆等，底漆涂刷1～2道，漆膜的厚度30～70μm，防护面漆选用相应的环氧（沥青）类防腐涂料或氯化（氯丁）橡胶类防腐涂料，面漆至少刷三道，漆膜厚度不小于200μm。

金属防护层施工，又叫金属镀层施工，是将某些金属镀附到另一种金属表面构成双层或多层金属复合物而起到防护作用。主要有金属锌镀层和金属铝镀层，涂装方法有热喷镀、热浸镀和冷镀等。①热喷镀是利用火焰或电弧热能将金属材料加热到熔化状态，并通过高速气流将其雾化成细颗粒，以较高速度喷射到工件上形成金属镀层，工件表面要求采用喷砂除锈或先酸洗后喷砂的处理方法。②热浸镀锌是表面处理后先助镀再进行热浸镀，表面处理可采用酸洗或喷砂（丸）除锈，助镀是将处理后的工件浸入助镀剂中，使表面均匀地涂上一层热镀锌的助镀剂，再把钢铁构件放入熔融的锌锅中使之反应生成锌—铁合金层，当工件从锌锅中取出时，金属的外层粘附一层钝化的熔锌镀，冷却后形成均匀的金属锌保护层。

复合防护层施工，是在特殊情况下使用的钢铁构件采用金属锌、铝镀层防护后又在镀层上涂装涂料防护层进行补充的长效防护体系。金属防护层采用热喷镀锌或热浸镀锌层，配套的涂料防护层有环氧沥青系列、氯化橡胶系列、聚胺脂、酚醛等涂料涂层。

防护层施工及所采用的防护方式要根据矿井淋水酸碱度和施工温度来选择。①在矿井淋水的pH值≥6时应选择具有阴性保护作用的富锌涂料作底漆，最好是采用锌、铝镀层防护，外面涂装厚浆型环氧沥青涂料或氯化橡胶系列涂料。②在淋水的pH值＜6时选择氯化橡胶系列涂料、聚氨脂类涂料作底漆和面漆。③冬季施工最好选用氯化（氯丁）橡胶系列涂料，若使用环氧沥青系列涂料施工时要提高环境温度。④修补漆膜损坏部位应选用GS－841干湿两用防护漆。

井筒装备防腐技术的发展 20世纪60年代中国井筒装备防腐开始采用手工除锈，涂1～2道普通沥青漆、红丹漆或其它漆。1976年以后开始采用机械除锈、喷砂（丸）除锈，防护层涂料从油性涂料过渡到环氧系列、富锌系列、氧化橡胶系列涂料等．还采用了金属镀层、复合防护层等长效保护层。1988年，煤炭工业部制定了《煤矿井筒装备防腐设计、施工及验收规范（试行）》，其后采用玻璃钢复合材料制造井筒装备的技术取得很大进展，它可用来加工安全栅栏、梯子、大小平台、水管、风管等，有些风井已实现井筒装备玻璃钢化。

参考书目

段慎修编，《矿山设备的腐蚀与防护知识问答》煤炭工业出版社，1987。

《腐蚀与防护手册》化学工业出版社，1990年。

段慎修编，《矿山井筒装备防腐技术》煤炭工业出版社，1992。

（朱洪顺）

lijing shigong zuoye fangshi

立井施工作业方式 （scheme of shaft construction procedure） 立井施工中掘进与永久支护两大作业在时间和空间上的不同组合方式。掘进与永久支护顺序进行称为单行作业，同时进行称为平行作业，在3～4m较小段高内掘进与永久支护同向、同步、下行作业且有一部分同时进行称为混合作业。立井施工作业方式是否合理，直接关系到凿井速度、工期、质量、安全、效益等技术经济指标。选择施工作业方式时要根据井筒直径、井筒深度、围岩条件、井筒涌水量、管理与技术水平、装备条件等因素进行优选后确定。通常单行作业适用于浅井；平行作业适用于深井；混合作业则不受井筒深度的影响，是国外立井施工中最主要的作业方式。

单行作业 先由上向下掘进井筒并进行临时支护，达到一定深度以后停止掘进，然后由下往上砌筑永久井壁。砌筑结束后再继续向下掘进，如此交替进行。根据分段掘、砌段高的不同，可分长段单行作业和短段单行作业两种。

（1）长段单行作业，其段高通常控制在30～80m，根据围岩性质、临时支护方式及淋水大小而定。20世纪70年代以前临时支护采用井圈背板，段高通常为30m左右。70年代中期用锚喷或锚喷网作临时支护，段高加大到80m，甚至更高。该作业方式优点是工序单一，掘进、永久支护两大工序分开，互不干扰，劳动组织及管理方便，技术难度小，容易操作，又由于掘进段高大，通常采用液压滑升金属模板，能连续浇筑混凝土，井壁接茬小，井壁整体性、封水性好，能保证工程质量。缺点是临时支护占用工时，且消耗大量材料，通

常情况下临时支护约占掘进循环时间的15%左右，费用约占掘进费用的20%左右；掘砌交替时转换过渡时间长，约占掘砌工期的10%左右，因此制约了成井速度的提高。该作业方式适用于围岩稳定或中等稳定，涌水量在40m³/h左右的条件，更适合深度在400m以内的井筒。采用此作业方式月平均速度一般为30～40m，20世纪50年代在中国峰峰薛村副井、徐州权台主井曾分别创月成井142.41m，160.92m的中国记录。从20世纪50年代到80年代中国普遍实用单行作业方式，到80年代末期仍占施工井筒总数的70%。随着井筒深度直径不断加大，井筒防治水的技术发展，机械化配套不断完善，对施工速度和安全的要求越来越高，长段单行作业方式愈来愈不能适应新的要求，逐渐被无临时支护、施工安全、速度快、工程成本低的混合作业所取代。

(2)短段单行作业，其段高等于金属模板的高度，一般为2.5m，有的达5m。其特点是掘进后不需要临时支护立刻进行永久支护，及时封闭围岩，改善了作业条件，保证了施工的安全。取消临时支护，既简化工序又节约材料。该作业方式，节省了集中排水、清理井底落灰，吊盘反复起落、接拆管路所消耗的工时，但由于掘砌交替频繁，井壁接茬多，封水性有所降低，须采用注浆等方法补救。从总体上讲它适用于各种围岩，特别是不稳定的软岩层，中国很多立井采用这种作业方式月平均进度达50～60m。1992年鸡西矿区滴道东风井用此法创月成井201m的中国最高纪录。

平行作业 井筒掘进到一定深度以后，在掘进的同时，利用吊盘在高空进行永久支护。这种作业可分为异段平行作业和同段平行作业两种。

(1)异段平行作业是指掘进、永久支护两大作业在相邻上下两个段高内同时进行。下部段高是在稳绳盘的保护下进行掘进和临时支护，上部段高则是在吊盘上自下而上进行砌壁。掘砌工作面最大距离通常不超过100m。其优点是充分利用井筒空间，永久支护不单独占用时间；采用大段高，井壁接茬少，井壁质量好；缺点是掘、砌同时作业，安全工作要求高，劳动组织复杂；需临时支护；须有两套独立的提升设备，悬吊两个工作盘（吊盘、稳绳盘），致使施工设备布置复杂；另提升矸石吊桶须通过两道盘，两次减速，增加了提升操作的复杂性。该作业方式适用于井筒直径大于5.5m，深度大于400m，岩层稳定、无断层破碎带、且涌水量小的条件。中国用此种方式始于1952年辽源中央立井，最高月成井56.47m。1970年在辽宁红阳二号主井最高月成井134.3m。随着砌壁工艺的改革，砌筑永久支护占用工时由原来40%降为20%，平行作业比单行作业节约时间有限，而且在井筒开始及井筒到底这两个段高内只能以单行作业方式施工，为此从1970年后中国已不采用，国外亦很少使用。

(2)同段平行作业是指掘、砌工作都是自上而下始终保持一定距离进行施工。掘进工作是在金属掩护筒或柔性掩护筒保护下进行作业，砌壁是在多层吊盘上自上而下逐段浇灌混凝土。其优点是不但能充分利用井筒内空间，而且掘砌机械化程度高、速度快、工效高；不需临时支护，简化了工序，节省了材料；砌壁吊盘的最下层就是掘进的保护盘，吊桶运行无需两次减速，改善了提升条件。缺点是施工设备多；悬吊多层吊盘的凿井绞车能力要大；多层吊盘、模板加工量大、精度要求高，需用大量钢材；井壁接茬多，整体性差，施工组织工作复杂；当岩石破碎时易将金属掩护筒或柔性掩护筒卡住，增加处理时间。该方式适用于井筒直径大于5.5m，井筒深度大于400m，岩层稳定、无断层带、且涌水量小的条件。中国用此方式施工始于1965年贵州老鹰山副井，最高月成井105.43m。1978年山东兖州鲍店北风井冻结段施工最高月成井达167.54m，创中国记录。但因其受地质条件制约及钢材用量大等问题，中国已很少采用。前苏联用此种方式施工始于50年代，井于1957年在布多斯卡亚矿深部风井最高月成井241.5m；1969年又在深770m，直径5.5m鲁特阡柯夫风井中用9m高的工作面掩护筒，12m高的多层吊盘，挂在吊盘上斗容1.25m³的抓岩机，高5.1m移动式模板；4.5m深孔爆破，平均月进度为300m，创最高月成井401.3m的世界记录。因此该方式在深立井施工中仍有发展前景。

混合作业 它的施工方法与短段单行作业类似，其特点是掘砌同向、同步、下行且部分工序平行作业，如砌筑永久支护同时进行装岩，实现掘进与永久支护部分同时作业；由于围岩暴露时间短，施工安全；不需临时支护简化了工序，节省了材料，降低了成本；辅助作业简单，省去了单行作业掘砌转换集中排水、清底、吊盘管路反复起落等繁重工序。混合作业的关键是采用专用整体伸缩式活动模板。模板设计要解决二个关键性问题，首先是合理确定模板高度，它直接关系到井筒掘进速度与工人劳动生产率，模板高度过高围岩暴露面积增大，威胁作业安全，并使模板结构复杂，混凝土捣固困难。合理的模板高度还应同打眼深度相匹配，有利于组织循环作业。通常一次砌壁高度为爆破进尺的1～2倍，24h为一个循环，因而模板高度一般为2.5、3、3.5、4m，最高达5m。其次模板的强度要高、耐炮震、不变形，而且便于快速脱模，同时能保证井壁接茬处施工质量。国外模板高度德国为4.0～4.5m，前



苏联为 2.5～5.5m，波兰为 3～5m，脱模装置前苏联主要采用机械自动脱、支模方式。

苏联在 20 世纪 50 年代立井施工单行作业的比重占 60%左右，到 80 年代混合作业的比重上升到总量的 90%。波兰、加拿大等国家均把混合作业方式作为立井施工中最主要的作业方式，中国也在积极推广。

参考书目

沈季良、崔云龙、王介峰主编，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1986。

王介峰等主编，《凿井工程图册》第一分册，第二分册，煤炭工业出版社，1988。

（曹 静）

linshi gaijiao

临时改绞 （temporarily change over hoisting mode） 立井井筒施工结束后转入巷道掘进时，需将吊桶提升方式改装为临时罐笼提升方式，井内悬吊的设备也要进行相应的改变，这些工作通称临时改绞或临时提绞设备改装。临时改绞是矿井建设过渡时期中的一项重要工程。

井筒施工结束后，开始掘进马头门，这时仍利用吊桶提升，整个提升系统不变，只将吊盘固定在马头门上方，作为稳绳盘和保护盘。在车场水平另作一卸矸溜槽支承盘，矿车运来的矸石由此卸入吊桶，也可将吊盘直接固定在车场水平作卸矸溜槽支承盘。这段时间材料和人员的上下很不方便，占用时间长，排矸也不方便，不能用普通矿车运输（一般用翻斗式矿车），而且提升能力小，不能满足井下工程施工的需要，因此，只用于井底连接处（马头门）或两井筒短路贯通时少量工程的施工。

为了适应井下工程施工的需要，应将掘进巷道用的矿车直接提到地面，因此必须将立井的吊桶提升方式改为罐笼提升方式，但是生产矿采用的罐笼较大，改装工程量很大，为了缩短因改装而耽误的施工工期，多采用简易的临时罐笼。临时改绞工作包括：拆除立井施工时的封口盘、固定盘和吊盘；安装钢丝绳罐道，及其固定和拉紧装置，并在井口和井底的矿车出入处安装刚性罐道和稳罐装置。临时罐笼最好采用摇台和推车机，也可使用罐座，但升降人员时严禁使用罐座。安设临时罐笼的井筒在车场水平以下必须有同过卷高度相适应的过放距离，并装有防止过放时蹾罐的设施。临时改绞必须在车场水平之下掘出水窝，其深度应为罐笼高度、过放距离、绳罐道拉紧装置垂长及存水深度之和。临时罐笼无防坠器，升降人员时必须有防坠安全措施。临时罐笼与井壁之间最小间隙为 350mm；两套相邻提升容器之间最小间隙在无防撞绳时为 500mm，设防撞绳时为 200mm；容器与井梁之间的最小间隙 350mm。

在井筒施工组织设计中必须对临时改绞工作进行统一考虑，因为井筒施工阶段的设备和设施，大部分通过改装还要用于井底车场、巷道施工和井筒永久装备。凿井设备的布置要兼顾井筒、平巷施工和井筒安装三个阶段的不同要求，尽可能地减少各阶段过渡时期的改装工作量和工期，例如在布置吊桶时，吊桶位置应尽可能与临时罐笼的位置一致，使吊桶与罐笼的悬吊点重合或在一条直线上；在布置管缆时，尽可能不要占用临时罐笼运行的空间。

矿井建设中，一般只对风井和主井进行临时改绞，副井到底后多一次安装永久提升设备，用它担负建井时期的主要提升工作。

（汪元垣）

luohang zhujiang

裸巷注浆 （bare drift grouting） 对无支护的井巷围岩进行注浆的工艺。在稳定（或较稳定）的围岩中开凿巷道（或硐室），可以不予支护或允许较长的空顶时间，这些裸巷的围岩有时也存在裂隙涌水的问题，需要注浆堵水以维护围岩或在封水后采取相应的支护（如锚喷）措施。

裸巷注浆通常用于实施锚喷支护之前，其关键是在涌水裂隙的下方打导水注浆孔，使钻孔长度在0.5～0.8m 的位置斜交裂隙，将分散涌水集中于孔内导出，孔数以引出裂隙中的全部涌水为准。然后对较大裂隙用速凝水泥进行封堵最后在涌水区段喷射混凝土或水泥砂浆。

注浆前导水注浆孔先用彩色水做连通试验以确定浆液的凝固时间，注浆时把注浆孔附近的导水管装上阀门，待相互连通的导孔溢出浓浆后，立即关闭。

（崔增骥）

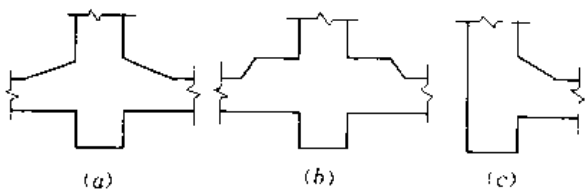
M

matoumen

马头门 (ingate) 又称井筒与井底连接部。井底车场巷道与立井井筒连接、断面逐渐加大的过渡段。按立井井筒的功能分为罐笼井马头门和回风井马头门。

罐笼井马头门 连接井底车场运输和罐笼井筒提升的联系枢纽，根据矿井井型、罐笼布置和层数等特点分为单面斜顶式、双面斜顶式及双面平顶式三种连接形式，见图。①单面斜顶式为单面进车和出车布置，在轨道线路中由一组菱形道岔实行分车作业，采用单层罐笼，通过能力小，仅用于小型矿井或中间水平。②双面斜顶式适用在车场水平同向进出车布置，按提升罐笼层数和上下人员的方式进行布置。单层罐笼提升，通过能力较小，适用于中、小型矿井；双层罐笼提升，用沉罐方式在车场水平进出车和上下人员，通过能力较大，适用于大、中型矿井；车场水平以下设地道通等候室，两层罐笼同时上下人员以增加通过能力，多应用于大型矿井。③双面平顶式适用于双层罐笼提升，在车场水平上方设平台，两层罐笼同时上下人员或两层罐笼同时进出车和上下人员，它通过能力大，应用于大型及特大型矿井。采用沉罐方式在车场水平进出车，进车侧设行人固定平台，出车侧设行人活动平台，以便下放长材，两层罐笼同时上下人员，设备布置较简单，应用较广泛；车场水平上方设进出车固定平台，采用爬车机连接车场水平和平台的轨道线路，两层罐笼同时进出车和上下人员，设备布置复杂，应用较少。

马头门尺寸根据井筒设置的提升设备的套数和布置形式不同而异，一般有一股轨道和二股轨道两种，连接部宽度依井筒装备断面布置及两侧人行道的宽度而定，长度按操车设备布置、进出车方式、轨道和道岔线路布置等由井筒两侧道岔基本轨起点之间的距离计算确定，高度按通过最长材料和下放方式及罐笼同时进出车或上下人员层数的要求确定。马头门部位设信号及装罐推车机电器硐室，井筒进出车两侧应设人行通道互相联络，一般多采用人行通道与等候室联合布置。一般为半圆拱断面，顶压和侧压较大时用马蹄形断面，底压亦大时用椭圆形封闭断面。常用料石或混凝土砌碹支护，围岩不稳定地压大或高度和宽度均较大时，用钢筋混凝土支护。



马头门形式图

a—双面斜顶式；b—双面平顶式；c—单面斜顶式

回风井马头门 根据回风井服务年限、总回风道布置方式和回风井装备要求分为单面平顶式、双面平顶式、单面斜顶式及双面斜顶式四种。单面平顶式及单面斜顶式用于单面回风道回风、回风量较小的风井；双面平顶式及双面斜顶式用于双面回风道回风、回风量较大的风井。平顶式施工简单、工程量较小，但通风阻力大，常用于无提升设备、服务年限较短的风井；斜顶式施工较平顶式复杂、通风阻力小，能适应风井装备提升设备的要求，多用于服务年限较长的风井。马头门尺寸主要以减少通风阻力、施工方便、满足风井装备要求综合考虑，其宽度一般与总回风道相同，长度要符合技术规范规定，平顶式高度常与总回风道一致，斜顶式依据顶部斜面倾角及总回风道高度或风井提升设备要求确定。马头门断面与支护一般与总回风道相同，用半圆拱或三心圆拱料石或混凝土砌筑，围岩稳定时也可用锚喷支护。

参考书目

《煤矿矿井采煤设计手册》煤炭工业出版社，1984。

（孙恩棠 袁孔华）

maogan zhihu

锚杆支护 (bolt supporting) 单独采用锚杆的支护，即向巷道围岩钻孔并装设锚杆，使之与围岩共

同作用来维护巷道稳定的支护。

锚杆是锚固岩体、维护围岩稳定的杆状结构物，一般由锚头、杆体、锚尾和垫板组成。锚头使锚杆锚固于围岩深部，锚固方式有机械式和粘结式两种；杆体用于传递拉力，长度与断面积根据设计确定；锚尾与垫板是锚杆外露端的锁紧装置（多为螺杆），为锚杆提供初锚力和工作张力。

锚杆种类 按材质分有金属锚杆、木锚杆和竹锚杆等；按结构特点分有楔缝式、压胀式和粘结式等；按锚固方式分有端头锚固式和全长锚固式，另外还有普通锚杆与可拉伸锚杆之别。

金属锚杆多用普通炭素钢钢筋制成，直径 14～22mm，长度 1.5～2.5m，垫板多用厚 5～10mm 的钢板制成，一般为 150mm×150mm 正方形。锚杆的锚固力要求 40kN 以上。木锚杆多用直径 38mm 杂木，锚头、锚尾有 200mm 长、3mm 宽的楔缝，木楔长 160mm、宽 35mm，上厚 23mm、下厚 3mm，垫板多用 400m×200mm×50～100mm 木板，设计锚固力 10kN 以上，适用于服务年限 2～3 年的巷道支护，防腐处理后使用寿命可达 5 年。竹锚杆用厚 8～10mm 竹板制成，有单片竹锚杆、铅丝捆扎多片竹锚杆和高温压粘竹锚杆，锚头可用楔子或快硬水泥卷锚固，设计锚固力 10kN 以上，可代替木锚杆使用。压粘竹锚杆锚固力可达 40kN，服务年限达 5 年。锚杆种类和结构特征见表 1。

楔缝式、压胀式及粘结式锚杆，其区别在于锚固的方法不同，楔缝式是利用楔的胀力使锚杆端头与岩孔围岩产生摩擦阻力固定锚杆，如楔缝式、倒楔式和胀壳式等；压胀式是将管式锚杆压成异形，安装时利用高压水或炸药产生胀力撑大使之与岩孔围岩产生摩擦阻力固定锚杆；粘结式锚杆则是利用水泥砂浆或树脂等锚固剂，将锚杆与岩孔围岩粘结在一起产生锚固力。

表 1 锚杆种类及结构特征

锚杆名称	材 质	结构主要特点	锚固方式
楔缝式金属锚杆	钢 筋	楔 缝	端头锚固
倒楔式金属锚杆	钢 筋	楔 缝	端头锚固
胀壳式锚杆	钢 筋	楔 缝	端头锚固
管缝式锚杆	钢 筋	缝管异形	全长锚固
压胀式锚杆	钢 筋	注气注水	全长锚固
爆固式锚杆	钢 筋	注药注水	端头锚固
螺旋式锚杆	钢 筋	杆体呈螺旋状	全长锚固
水泥砂浆锚杆	钢筋或钢丝绳	砂 浆	全长锚固
快硬水泥锚杆	钢 筋	树 脂	端头锚固
树脂锚杆	钢 筋	粘 结	端头锚固
木锚杆	木 质	楔 缝	端头锚固
压缩木锚杆	木 质	楔 缝	全长锚固
竹锚杆	竹 材	楔缝或粘结	端头锚固
可拉伸锚杆	钢 筋	机 械	端头锚固

端头锚固式与全长锚固式锚杆的区别在于，前者只在锚头部一定长度段用楔式、胀压或粘结方法锚固锚杆，后者沿锚杆全长用胀压或粘结方法产生锚固力，如管缝式、水泥砂浆锚杆等。有时全长锚固锚杆也进行端头锚固以产生初锚力。

锚固剂 将锚杆与孔壁岩石粘结在一起的材料，常用的有快硬水泥卷锚固剂、树脂锚固剂、水泥砂浆锚固剂等。它们多数用于锚头锚固，也有用于全长锚固的。

快硬水泥卷锚固剂用普通水泥掺以速凝剂、膨胀剂、阻锈剂等外加剂制成，也可用特种水泥配制。安装时只须将浸水的快硬水泥卷在锚孔内与锚杆塞紧即可。有的快硬水泥卷内有贮水装置，安装时用锚头在孔底将其搅拌均匀即可。锚杆安装后半小时锚固力即可达到其拉断力。20 世纪 70 年代美国发明水泥卷锚固剂后，在世界各地得到广泛采用。中国 20 世纪 80 年代初开始研制并使用了多种水泥卷锚固剂。

树脂锚固剂是用不饱和聚酯树脂、促凝剂、填料和引发剂（固化剂）制成。使用时用锚头将树脂材料与引发剂搅和，数十秒后即可凝固，数小时后可达到设计的锚固力。树脂锚杆具有抗老化、不受水的影响、抗振动和防腐蚀等特点，1961 年由联邦德国试验成功，很快被许多国家引进并大量应用，中国于 20 世纪 70 年代中期开始应用。

水泥砂浆锚固剂是用 C40 号普通水泥，配制成配合比（水泥与砂）为 1∶1，水灰比为 0.4～0.45 的砂浆，在现场搅拌，用压气灌注，28 天强度可达 20MPa。为使这种锚固剂早强可采用早强水泥或掺入速凝剂。它结构简单、价格低，多用于条件较好的全长锚固锚杆。

锚固力 锚杆安装后抗拉拔的能力，又称抗拔力，它是锚杆支护主要的技术参数和施工质量的指标。影响锚固力的因素有：锚头的锚固能力、杆体强度、杆尾及垫板的强度、孔壁岩石性质及环境、施工质量等，其中数值最小者即为锚杆的锚固力。

设计中一般要求杆体强度、垫板强度略大于锚头锚固力和锚杆尾强度，因为锚头锚固力受多种因素影响变化较大，杆尾加工螺纹后强度明显降低。因此在一般围岩条件下锚杆尾部强度最小，决定着锚杆的锚固

力。所以在加工锚杆时要对锚杆尾进行热处理或加大其直径，提高强度，使锚杆各部分强度相近，称为等强度锚杆。有时围岩强度低，导致锚头的锚固力较小，为了提高锚固力，采用胀力较大的锚头或粘结力较强的锚固剂，或加大粘结长度，使其强度与锚杆其它部分相近。

金属锚杆的锚固力中国国家标准规定不小于50kN，煤炭系统标准规定不小于40kN。木、竹锚杆锚固力应不小于10kN。提高锚头锚固力的措施，对机械式锚头是提高胀压力和锚头与围岩的摩擦系数；粘结式锚杆是提高粘结材料的强度和加大粘结面积。

围岩强度越大、锚头的锚固力越大。孔壁潮湿，孔底岩粉清除不净都会明显地降低锚固力。施工质量对锚杆的锚固力的影响很大，如楔式锚杆楔进力不足，管缝式锚杆眼孔过大，粘结式锚杆锚固剂搅拌不均匀等都可能使锚固力达不到设计的规定。

测定锚固力采用空心液压锚杆拉拔器。拉拔时锚杆随拉拔力的增加而滑动或伸长，据杆尾位移与拉拔力可以绘制锚杆特性曲线，一般测定锚固力时对锚杆的伸长有一定限制，如国际岩石力学学会规定锚杆伸长在40mm内的最大拉拔力即为锚固力。

锚杆支护作用机理及参数确定 锚杆支护的作用机理至今仍在研究探索中，比较流行的有悬吊理论，组合梁理论、减跨理论、弹塑性理论、围岩松动圈支护理论等几种观点：

悬吊理论 认为锚杆一般承受拉力，将锚头锚定在稳定围岩内，用杆体悬吊巷道裸露的不稳定围岩，其作用机理如图1所示。锚杆参数可按下式确定：

$$L=l_1+l_2+l_3 \qquad (1)$$

式中 L 为锚杆长度，m；l_1 为锚杆深入稳定围岩的长度，m；l_2 为不稳定围岩厚度，m；l_3 为锚杆杆尾外露长度，一般为0.1m。

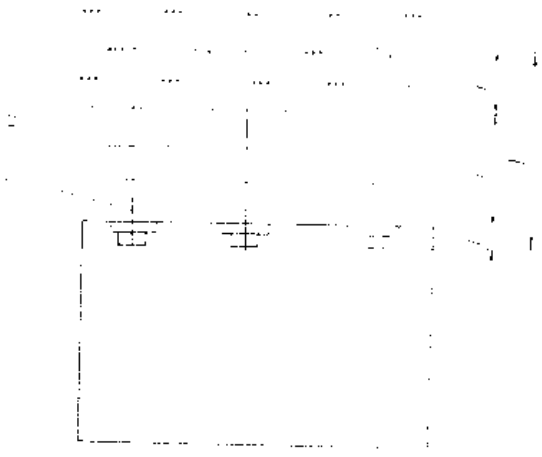


图1 锚杆悬吊机理示意图

1—稳定围岩；2—不稳定围岩；3—锚杆

$$d=2\sqrt{\frac{abl_2r}{\sigma}} \qquad (2)$$

式中 d 为锚杆直径，m；a、b 为锚杆的间排距，m；r 为不稳定围岩容重，N/m^3；σ 为锚杆材料的强度，Pa。

组合梁理论 锚杆支护在深部没有坚硬岩石的层状围岩中应用成功后，悬吊理论就不能圆满地解释这种情况，于是使产生了组合梁理论，其支护机理是锚杆将多层岩石锚合在一起抗弯能力明显提高。由于巷道围岩经常存在纵向裂缝，以及岩层的力学性质不易准确地确定，组合梁理论的应用也有一定的局限。

减跨理论 它是由普氏支护理论演变而来。普氏认为开巷后围岩将产生一个自然冒落拱，冒落拱的高度与巷道跨度有关，跨度越大支护的荷载越大，巷道围岩的稳定性越差。因此，将锚杆锚固在冒落拱以外，可以减小巷道跨度和冒落拱高度，使巷道围岩稳定，其支护原理如图2。

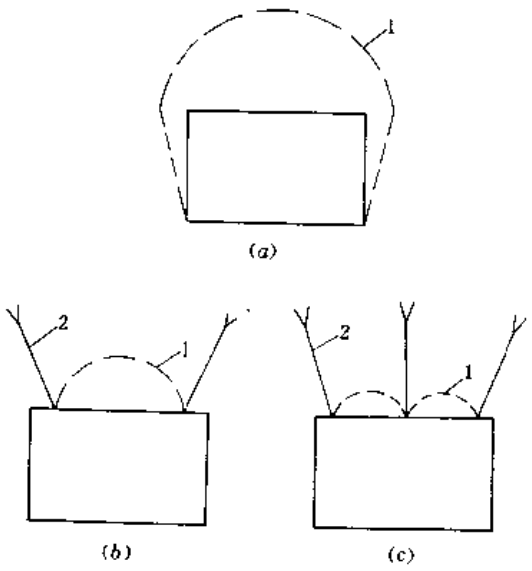


图2 减跨原理示意图

a—无支护的冒落拱；b、c—有锚杆时的冒落拱

1—冒落拱；2—锚杆

弹塑性理论 它假设围岩处在弹塑性状态，围岩各向同性。巷道开挖后由于地应力重新分布，如果围岩产生破裂带、塑性带及弹性带，则存在着支护问题，使这种状态围岩稳定的方法有两种观点：一种认为应将围岩破裂带与深部较稳定围岩连成一体，即悬吊理论。另一种则主张及时予以支护，改善围岩应力状态，减小破裂带使围岩稳定，这一观点也称为围岩加固理论。

表2 巷道、硐室锚喷支护参数表

单位：mm

围岩分类		服务年限10年以上									服务年限10年以下								
		净跨<3m			净跨3～5m			净跨5～10m			净跨<3m			净跨3～5m			净跨5～10m		
类别	名称	喷混凝土（喷砂浆）厚度	锚杆		喷混凝土（喷砂浆）厚度	锚杆		喷混凝土（喷砂浆）厚度	锚杆		喷混凝土（喷砂浆）厚度	锚杆		喷混凝土（喷砂浆）厚度	锚杆		喷混凝土（喷砂浆）厚度	锚杆	
			锚深	间距		锚深	间距		锚深	间距		锚深	间距		锚深	间距		锚深	间距
Ⅰ	稳定岩层				(10～20)			(20～30)									(10～20)		
Ⅱ	稳定性较好岩层	50～70			70～100			100～120			(10)			50			50～70		
								50～70	1400～1600	800～1000	(20)			(10～20)	1400	1000	(20～30)	1400	1000
Ⅲ	中等稳定岩层	70～100			120～150			100～120	1600～1800	600～800	50			50～70			70～100		
		50～70	1400～1600	800～1000	70～100	1600～1800	800～1000				(10～20)	1400	800～1000	(10～20)	1600	800～1000	(20～30)	1600	600～800
Ⅳ	稳定性较差岩层	70～100	1400～1600	600～800	100～120	1600～1800	600～800	120～150	1800～2000	600～800	50～70			70～100			100～120		
											(20～30)	1600	800～1000	(20～30)	1600	800～1000	(20～30)	1600	600～800
														加网			加网		
Ⅴ	不稳定岩层	100～120	1600～1800	600～800	120～150	1800～2000	600	150～200	2000～2200	500～600	(20～30)	1600	600～800	(20～30)	1800	600～800	—	—	—
					加网			加网			加网			加网					

注：Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ类围岩中，线上下数值的选用，根据围岩情况确定。

围岩松动圈支护理论 认为围岩松动产生过程中的碎胀力是支护的荷载，锚杆的作用是支护碎胀力所造成的碎胀变形。根据这一观点将锚杆的作用机理分三种情况：①开巷后围岩不产生松动圈，围岩可以自稳；②松动圈为 40～150cm 时，用悬吊理论确定锚杆参数。锚杆悬吊点在松动圈以外，而不专指稳定围岩，悬吊力应与松动围岩的碎胀力相适应，考虑到支护不可能及时进行和一开始就与围岩密贴以及松动圈在这个范围内碎胀变形较小，可按松动圈内岩石的重量确定锚杆的强度参数；③松动圈大于 150cm 时，用组合拱理论确定锚杆支护参数。其作用机理如图 3 示：

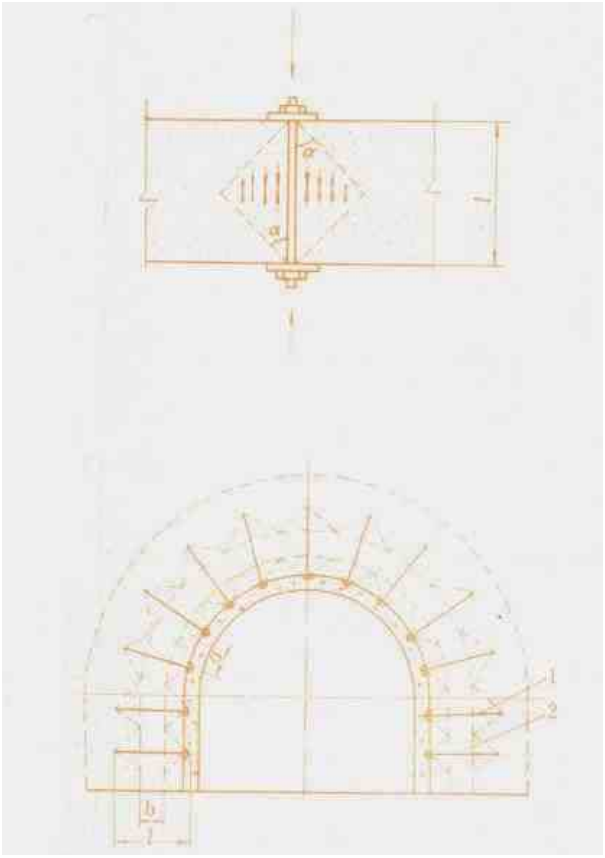


图 3 组合拱机理示意图

1—锚杆；2—组合拱

组合拱理论的实质是利用锚杆对破裂围岩施加的压力以及巷道呈拱形提高了围岩强度，形成了有一定厚度和可缩性的拱参与支护。其参数按下式计算：

$$b=\frac{l\mathrm{tg}\alpha-a}{\mathrm{tg}\alpha}=l-a \qquad (3)$$

式中 b 为组合拱厚度，m；α 为锚杆对破裂岩石的控制角约 45°；l 为锚杆的有效长度，m；a 为锚杆间距，m。

国内外还有用工程类比法确定锚杆参数中国煤炭系统巷道、硐室锚喷支护参数参见上页表 2。

由于煤系地层易风化，锚杆支护多在服务年限较短的巷道中应用。对于服务年限较长的工程多用锚喷支护、锚喷网支护、锚网支护、锚梁网（喷）支护等，形成多种适合不同围岩及工程的支护，必要时它们还可以与砌碹、金属支架等组成联合支护。

1872 年锚杆支护首先在英国金属矿山应用，20 世纪 40 年代得到大量的发展。中国于 1956 年开始在煤矿中应用，经过数十年的研究和发展，已在各类围岩的开拓巷道中应用，并在部分较稳定围岩的采准巷道中应用，并向其他围岩井巷支护扩展。

其他地下工程也在大量推广应用锚杆支护，如成功的用于中国西北地区老黄土层中的铁路隧道支护。

（董方庭 贺永年）

maopenwang zhihu

锚喷网支护 （bolting and shotcreting with wire mesh） 联合使用锚网和喷射混凝土（或喷浆）的支护。锚网支护为锚杆加金属网的支护。

普通锚杆支护允许变形量可以达到 200mm 或更多。但混凝土喷层是脆性材料，当围岩收敛变形超过巷道跨度的 5%时，将产生开裂破坏，限制了锚喷支护的适用范围。因此，在混凝土内敷设一层金属网能提高喷层的抗拉、抗剪强度，增强其整体性和抗变形能力。在围岩变形较大的条件下，即使喷层局部开裂后脱层，金属网也能有效地控制锚杆间碎石不松动或冒落，避免出现大的不均匀变形和围岩掉块引起锚杆的失效而使支护失败。

金属网宜用直径 4～12mm 的钢筋间距为 150～300mm 点焊制成网片或用 10 号铅丝编制成 50mm×50mm 网格的网片。网片大小根据施工及运输条件确定，围岩较破碎选用较小的网格和较细的混凝土粗骨料。

安装时网片之间要有 100～150mm 压茬（点焊网）或用联网丝隔扣联牢（编制网）。网片压茬要用锚杆垫板压紧锚定，使锚杆与金属网形成整体。

锚杆是锚喷网支护的主体构件，它使围岩形成组合拱进入支护，并且有可缩性。喷层主要是防止锚杆间碎岩松弛掉落、防止围岩风化以及金属网的锈蚀。金属网用以加强锚杆间的支护能力，三者联合进行支护。锚杆参数根据围岩条件确定，喷层厚度一般 80～150mm，金属网到岩石间的喷厚不应小于 30mm，其保护层的厚度不应小于 20mm。当围岩变形量较大时，喷层要分次施工，第一次喷层使锚喷网进入支护，随着围

岩变形喷层将产生破裂，待围岩变形能释放后，围岩收敛变形速度降至 0.2mm/d 以下时，进行复喷。复喷要达到设计厚度，同时修复了第一次喷层的裂缝。

锚喷网支护适应变形能力较强、经济效益显著，可用于软岩、破碎地层、断层破碎带、采动区内巷道支护及修复巷道工程。随着锚喷网支护的理论以及施工与管理水平的提高，它的适用范围正在扩大到服务年限较长的煤巷工程中。

（董方庭）

maopen zhihu

锚喷支护 (bolting and shotcreting) 联合使用锚杆和喷混凝土或喷浆的支护，又称喷锚支护。喷混凝土支护为利用压缩空气将混凝土喷射到岩体表面的支护。喷浆支护为用压缩空气将水泥和砂浆喷到岩体表面的支护。根据围岩条件不同，锚杆或喷混凝土都可以单独用于支护，因此，锚喷支护属联合支护。加金属网或塑料网可以构成锚喷网支护；加梁或桁架可以构成锚梁网（喷）或锚网桁（喷）支护。因此，广义锚喷支护有时泛指以锚杆为主的一类支护。

锚杆、喷层能使围岩变成支护结构的一部分。锚喷支护能大量节约原材料，且简单、易行、易机械化施工，施工速度快，成本低。

锚喷支护的适用范围在不断扩大，最初应用在较稳定的围岩中，用悬吊理论设计其参数，此后又应用减跨理论、组合梁理论和组合拱理论，使这类支护推广到软岩和破裂带围岩中。弹塑性支护理论、围岩加固理论以及围岩松动圈支护理论等的研究使锚喷支护的应用进入更为广阔的范围。

锚喷支护为以与碹体支护或金属支架等联合使用，并在地面边坡维护、深基础施工等工程中得到广泛应用。

锚喷支护 1872 年首次在英国金属矿山使用，1956 年中国开始在煤矿中应用。20 世纪 70 年代以后它在中国得到大力发展，煤矿用锚喷支护的巷道每年达到 1000～1200 公里。

（董方庭）

maosuo zhihu

锚索支护 (anchor rope support) 在巷道围岩钻孔中安设锚索，并给锚索预加拉力的一种支护方法。锚索又称“预应力锚杆”，由内锚头、锚索体和外锚头三部分组成。

内锚头（又称锚固段或锚根）是锚索在围岩中的固定端，有机械式和粘结式两大类，粘结材料多用水泥砂浆。

锚索体（又称自由伸缩段）连接内外锚头承受预应力。锚索材料有高强钢铰线、高强钢丝及精轧螺纹钢筋。

外锚头（又称外锚固段）是锚索位于孔口外承受预应力锚固锁定部分，外锚头承受压力的垫墩、垫板和球铰垫片和承受拉力的锚索线。预应力螺纹钢筋锚杆有的只用垫板和锁紧装置。

锚索支护的作用机理是：单体锚索是通过固定在岩体内的内锚头和锁定的外锚头对锚索施加预应力，锚索产生拉张弹性变形。当围岩有变形时，锚索的预拉力通过内、外锚头以压力方式作用在围岩上，平衡围岩的变形力，来维护巷道的稳定。群体锚索根据围岩状态可分为悬吊、组合梁、自承拱三种作用原理。①悬吊作用原理是将内锚头固定在稳定围岩中，用锚索预拉力将不稳定围岩悬吊在稳定围岩上，并限制其有害变形。②组合梁作用原理是用锚索穿过层状且整体性较好的岩层，使岩层间的摩阻力增大，阻止岩层受弯曲应力后岩层间的分离和错动，提高层状围岩的抗弯强度，维护巷道稳定。③自承拱作用（又称组合拱作用）原理是用预应力锚索把破碎围岩加固成压力拱圈（拱形巷道），对巷道进行维护，研究证明，破裂围岩加固后的强度可以接近原岩强度，并且具有可缩性。

锚索安装工艺较复杂、费用较高，多用在支护困难的大断面硐室工程且多与普通锚杆联合支护，也可用于修复、加固硐室工程。

锚索除地下工程应用外，地面边坡维护、坝体加固以及深基础施工等工程中也为广泛采用。

（董方庭）

meihang juejin

煤巷掘进 (coal drift excavation) 进行煤巷开挖和临时支护的作业。由于煤的硬度较小，掘进方法除钻眼爆破法、掘进机法外，还有风镐挖掘法、水力掘进法等。在有瓦斯、煤尘突出的矿井中，须加强通风、降尘和有探放瓦斯等措施。

钻眼爆破法 掘进使用旋转式煤电钻钻眼，炮眼深度一般为 1.5～2m，采用光面爆破和毫秒电雷管全断面一次爆破，在有瓦斯煤尘爆炸危险的煤巷中使用煤矿许用炸药和煤矿许用电雷管，使用煤矿许用毫秒雷管时总延期时间不得超过 130ms。煤巷掘进机多为部分断面式，运输设备为链板输送机、带式输送机以及运输能力较大的仓式列车和梭式矿车等。

风镐挖掘法 用风镐直接破煤是一种最简单的掘

进法，需要的设备少，工作安全性好，但劳动强度大，效率低，一般在巷道顶板破碎、煤质松软易于塌落的巷道以及瓦斯含量高虽经通风其浓度仍降不到允许放炮浓度（小于1%）要求时采用。

水力掘进法　在水采矿井，利用高压水射流的动能破煤，落下的煤和水混合成煤浆沿巷道或溜槽流至沉淀池中。该法掘进速度快，劳动效率高，且可远距离操作，但电能消耗大，工作面湿度大，工作条件差，巷道规格坡度、方向较难掌握。

参考书目

沈季良等主编，《建井工程手册》（第三卷），煤炭工业出版社，1986。

中国矿业学院编，《井巷设计与施工》，中国矿业学院出版社，1986。

（张东文　周文斌）

meikuang dimian jianzhu shigong

煤矿地面建筑施工　(construction of coal mine surface building)　按照设计建设煤矿地面生产系统、生产服务系统、产品加工系统和生活、行政、福利系统等建筑物和构筑物的过程。其主要项目可划分为：工业广场工程；选煤厂工程；煤机厂、总库和生活福利行政小区等一般通用建筑工程。

工业广场由主井井塔、副井井塔、提升机房、煤仓、空气压缩机房、地面运输系统、生产辅助系统、生产指挥系统等单位工程组成，主要单位工程为主、副井井塔。

选煤厂由受煤坑、原煤仓、储煤场、破碎车间、主厂房、浓缩压滤车间、栈桥、产品仓、装车仓、污水处理池等单位工程组成，产品仓和主厂房为选煤厂的主要工程。

施工及组织特点　煤矿地面工业建筑工程项目由执行大量技术功能的各种建筑物、构筑物、运输系统（栈桥）和工业管网等组成，各单位工程之间、地上与地下之间由工业管网、运输系统、动力及控制系统相连，并与矿建、机电设备安装、铁路建设（专用线）有机地组合、结合成一个完整生产系统。根据煤炭生产工艺要求，地面建、构筑物具有体量大、结构复杂的建筑特征和土建与安装、矿建、铁路建设相互制约且又紧密相连的工艺特征。因此：①在施工前期，要建立施工定位的二级坐标控制网，进行各单位工程的施工测量定位，以确保各单位工程、地上与地下、土建与安装之间的严密平面、空间结合；②由于煤矿地面建筑仅是矿区建设的一个组成部分，必需服从矿区建设整体时间、空间的规划要求，进行施工组织布置和进度计划安排；如井塔结构施工必需满足主、副井施工合理交替和尽量缩短占用井口时间的要求，地面建筑施工总平面布置、大临工程以及其它单位工程的开竣工时间计划必需服从矿建、土建、安装协调一致的原则；③一般矿区建设远离城市和企业基地，要按照矿区建设总体要求，经济合理地安排组织机具设备、周转材料和劳力等资源，并在保证工期和质量的前提下，进行均衡施工，以提高技术和经济效益。

现状和发展　由于煤矿地面建、构筑物结构复杂，一般由专业施工队伍施工。中国煤矿地面建筑专业施工队伍始建于1953年，至50年代末已组建了以部属专业公司为主体、各省市矿务局建设公司为补充的施工技术力量较强的专业施工队伍。经过30年的施工实践，已成功地推广、总结、应用了具有行业特点的煤矿地面建筑成套施工组织技术和施工工艺技术。在施工组织管理方面，已普遍采用了项目法施工，形成了按系统（如选煤厂的原煤系统、生产系统、产品装车系统）组织土建与安装工程平行流水立体交叉的快速施工组织模式；在现代化施工管理手段应用方面，采用计算机进行网络计划的编制与动态管理；在施工技术和工艺方面，吸收了现代建筑施工技术成果，形成了一批较为先进、成熟的施工工法和工艺标准，如“井塔滑模施工工法”、“井塔‘滑一打一’施工工法”、“筒仓滑模施工工法”，主厂房施工的“梁板柱分开快速施工工法”及“栈桥整体安装施工工法”等。

随着现代煤矿生产规模的大型化趋势和煤矿建筑结构设计的发展，煤矿地面建筑施工技术也相应地发展和创新，如在柴里选煤厂30m预应力筒仓施工中采用中塔提升柔性滑模施工工艺，是将环向无粘结预应力施工技术和滑模施工工艺相结合，取得了较好的技术经济效果；用于在北方寒冷地区的超厚壁（400mm以上）的筒仓的抽空滑模施工工艺（专利技术），是将抽空楼板施工工艺移植于超厚壁筒仓滑模施工之中，在满足工艺要求的前提下，能够明显地减轻结构自重，降低工程造价，有效地提高了仓体的隔寒保温性能；现浇混凝土漏斗的斜壁推拍成型施工工艺解决了弧形及斜面支模难度大，混凝土质量不易保证等问题；筒仓复合壁同步双滑施工工艺，是将传统的复合壁结构——钢筋混凝土结构层、轻质保温砌块层、抹灰保护面层三道工序改为三位一体的双滑施工，大大地简化了施工作业程序。

建筑施工领域取得较快发展的工艺，如滑模施工中大吨位千斤顶的应用；新型脚手架、新型模板体系；钢筋联接工艺中的气压焊、电渣焊、锥螺纹栓与套管挤压联接工艺等，也在煤矿地面建筑施工中得到广泛应

用和推广，从而形成以降低成本、缩短工期、提高质量和减轻工人劳动强度为目标，以提高整体装配和机械化施工程度，改革传统施工工艺，应用现代管理技术为主要内容的发展格局。

（张 杰 白景荣 岳 瑜）

meikuang dimian jianzhu yantu gongcheng

煤矿地面建筑岩土工程 （rock and soil engineering of coal mine surface construction）为煤炭建设项目选择场地提供地质环境特征、岩土体性状的时空分布、地质环境与建筑工程相互作用和制约形式与对策的综合性科学技术。它是煤矿工业与民用建筑、铁路、道路、架空运输线路、各类管道、运煤驳岸码头、采空区上的建筑等工程建设的首要环节。对保证工程的合理建设和正常运营、获得最佳的经济与社会效益有重要作用。煤炭工业地面工业场地选择受资源赋存位置、条件的控制，随着地下开采深度和规模的增加，井巷围岩岩体的变形，及露天矿边坡的稳定性和疏干形成的动水压力对地面变形的影响等，都将对煤矿地面建（构）筑物地基产生重大影响，从而构成了煤矿地面建筑岩土工程的特殊性和复杂性。

岩土工程分为岩土工程勘察、设计、治理、监测与监理。

岩土工程勘察分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察，对有重大岩土工程问题或有特殊施工要求的重要工程，宜增施工勘察阶段，岩土工程勘察的任务是采用多种手段，取得地形地貌、地质、水文及水文地质等资料，评价地质条件环境、岩土力学机制、发展演化的趋势和岩土的工程性状及各种岩土工程条件空间分布规律和特点，提出岩土工程设计与治理应遵循的准则及方案的分析论证，预测工程施工和运营期间可能发生的岩土问题，提出监控及预防措施的方案。

岩土工程设计任务是对建造于复杂工程地质条件上煤矿地面建筑工程的地基改良加固、基础工程与深基坑的开挖与支护、施工期间降水对相邻地段建筑可能产生的危害防治、地基抗震、山体滑移整治、岩溶及采空引起地面建筑变形对策及建筑纠偏、旧房加层改造等特殊岩土工程的设计。

岩土工程监测是对重要的煤矿地面建筑工程的变形。深基础的地基回弹变形、大型边坡工程及滑坡体的位移、地下开采引起的地面变形、大型煤矿建筑场地地下水动态变化、各类地基加固改良效果及各种桩基工程施工质量等的监测。

岩土工程监理的任务是对治理工程进行监督检查、施工质量控制及解决治理过程中出现的岩土工程问题，确保工程进度和安全。

中国煤炭行业对岩土工程的研究始于20世纪50年代，数十年来，成功地解决了建设实践中的许多重大问题。如厚层砂基塌陷区的大型井架、绞车房建设，冻融土工程性质研究及其上的井塔建设，陷落柱或采空引起的山体开裂滑移的稳定性评价及治理，地下多层空穴岩体上的高层建筑地基稳定性评价与处理，振密砂桩法处理可液化地基，强夯置换新工艺加固软弱地基，碱液加固湿陷性黄土地基问题，锚喷新技术在矿山土质边坡稳定中的应用问题等。1976年唐山发生7.8级大地震后，经对场地、地基、液化砂土进行详细勘察与评价，查明了砂土类型及其空间分布、有效覆盖压力、地下水位等多种地基因素对震害的影响，并提出相应的判定标准，为恢复煤矿生产和我国岩土工程技术的发展提供了重要成果。

中国煤矿分布地域辽阔，在煤矿地面建筑工程中，岩土工程在总造价和工期中约占三分之一左右，需结合煤炭工业地面建筑工程特点，应用现代工程地质与岩土工程理论，新型测试技术，数值分析方法与计算和技术，提高岩土工程勘察的综合精度，建立多因素岩土工程优化设计方法，和综合治理工艺与方法，以保证工程安全，提高工程建设项目的经济、环境与社会效益。

（王步云）

meikuang jidian shebei anzhuang

煤矿机电设备安装 （installation of coal mine machinery and electric equipment） 按照工程设计和生产工艺要求，装设各种机电设备、管道及缆线的工程，通常是在井巷工程和土建工程的主体工程完成后才能开始施工。与井巷工程、土建工程并列为矿井建设的三类工程。设备安装完成、单机试运转正常后，需进行分系统的试运转、矿井联合试运转、带负荷试运转、矿井试生产。空重负荷试运转一般至少4～8小时，有的要24小时以上，主要通风机应试运转72小时以上，经过空重负荷运转，检验设备安装的质量和性能，以确保正式投入生产后正常运转。

由于矿井井型、开拓方式、开采方法、装备水平的不同，各个矿井的机电安装工程的内容也不尽相同。一般分地面设备安装，井筒装备安装和井下设备安装三大部分，包括主井提升、副井提升、通风、排水、压风、地面生产、选煤、排矸、井下运输、输变电、供热、地面给排水、通讯、生产安全监控、防火灌浆及消防洒水等系统，煤矿机电设备分为通用型、矿用型、防爆型设备。地面多为一般通用型设备，在安装工艺上并无特殊要求。在井口附近和井下多为矿用型和防爆型设备，在

施工时应避免明火作业。为缩短建设总工期，三类工程可采用交叉作业，即在矿建、土建工程主体基本完成时，设备大件吊装就位，安装工程和土建工程收尾平行作业，最后进行安装调试。

地面设备安装 主要是生产车间固定设备的安装，如提升机、通风机、空气压缩机、排水泵、供配电设备、钢井架及选煤机械等。这些设备多为制造厂装配成整机或大的部件，运到现场后进行清洗检查和试调。施工现场具备安装条件后按照工程设计的关系图采取大件组合、整体吊装就位、安装调整使之符合规定的技术性能，并达到单机试运转条件。钢井架一般在工厂制作成大片然后运到现场，在井口工地组合拼装。

井筒装备安装 主要指罐道梁、罐道（钢丝绳罐道）、平衡绳、制动绳、梯子间及各种管线等装备的安装。井筒装备安装作业条件差、登高作业多，一般在多层吊盘和吊架上进行作业。

井下设备安装 井下设备装设在硐室、巷道及采区工作面，如井底装载设备、卸载站设备、排水泵、输送机、采掘机械、供配电设备及各种管路线缆等。井下设备入井前应先在地面预组装，以减少井下作业，如排水泵房的环形管道、各种输送机等亦在地面加工组合，编号下井、对号组装。由于井下通风条件的限制，应避免明火作业，如确需井下明火作业，必须报主管总工程师批准。电气设备应在地面先做防爆检查和电气试验，取得入井许可证后方可下井。

（管松龄）

meikuag jixiechang changfang jiegou shigong

煤矿机械厂厂房结构施工 （structural construction of coal mine machinery factory building） 按照设计要求建设煤矿机械厂厂房的施工技术和施工组织的泛称。中国煤矿机械厂的生产厂房，多为单层装配式钢筋混凝土结构，即在现场施工基础后，用预制钢筋混凝土柱、梁、屋架、屋面板等装配成单跨或多跨单层厂房。煤矿机械厂厂房结构施工分为施工准备、构件加工和构件吊装三个阶段。

施工准备 对全厂的建设规模、工期要求、投产顺序、工程特点作全面了解；对设计提出的技术要求和质量标准作认真研究；列表统计工程采用的构件种类、型号、数量、重量；对施工场地、工地预制构件厂的设置、外委构件厂的加工能力及场内外道路和运输状况等作详细的调查。在此基础上，从技术经济的全局出发，分析比较，对多种施工组织方案进行论证择优。主要内容：划分构件加工地点和方式（现场就地预制、外委加工、现场预制厂加工）；选择吊装机械（按起重机的起重量、起重回转半径、起重高度等，选用履带起重机或汽车式起重机）；选定运输设备（载重汽车的长度、吨位）；确定施工布置和施工方法；安排施工进度和各种资源计划；绘制施工平面布置图；制定技术安全措施等。

构件加工 一般尺寸大、重量大的构件，因运输困难和费用较高，多在现场就地预制；数量多的中小型构件一般多在现场构件厂制做或外委加工。

柱多为工字形，通常采用现场平卧单层或多层重叠制作。屋架多采用预应力后张法钢筋混凝土结构，跨度有18、21、24、30m（小于18m常用薄腹梁或组合屋架，大于30m常采用钢屋架），一般采用现场平卧重叠制作。柱和屋架的制作应注意：①先绘制现场预制布置图，要在保证起重机顺利运行和吊装的前提下，柱子应尽量靠近基础制作，屋架应尽量靠近设计位置制作，要便于抽芯、穿筋和张拉；②构件制作处的地基必须平整夯实，并稍微高于邻近地面，以利于排除雨水和养护水；③安置预埋件时，必须认真检查其数量、位置和正反方向；④采用重叠方法生产柱和屋架时，必须使用隔离剂以防止上下层构件粘结。

吊车梁有腹式和T形两种。屋面板多采用1.5×6.0m的预应力先张法屋面板。吊车梁和屋面板可在工地的预制厂制作，也可外委构件厂加工。外委专业构件厂采用成套定型钢模，实行流水施工生产，效率高、质量好，被广泛采用。基础梁、连系梁等一般构件在工地预制厂加工。

构件吊装 一般有分件吊装、综合吊装、混合吊装三种方法：

分件吊装法是起重机在厂房外每开行一次仅吊装一种或二种构件，一般分三次吊装完全部构件，即第一次吊装柱子并校正固定，第二次吊装吊车梁和连系梁，第三次吊装屋架和屋面板（包括天窗架）；综合吊装法是起重机开行一次吊装完一个节间的全部构件，直至全部构件吊装完；混合吊装法是采用分件吊装法吊装柱子，用综合吊装法吊装吊车梁、连系梁、屋架、屋面板，起重机分为二次开行吊装全部构件。

分件吊装法因每次吊装同一种构件不用反复更换索具，故吊装效率较高。多被件采用；其次为混合吊装法；综合吊装法由于频繁更换索具面较少采用。

吊装方法选定后，应确定构件吊装工艺，安排起重机进场运行路线，按照吊装顺序合理选择运输车辆组织构件运输。构件运输时，支垫要符合设计要求，按规定的堆放位置卸车，构件堆放的场地要平整压实，叠放

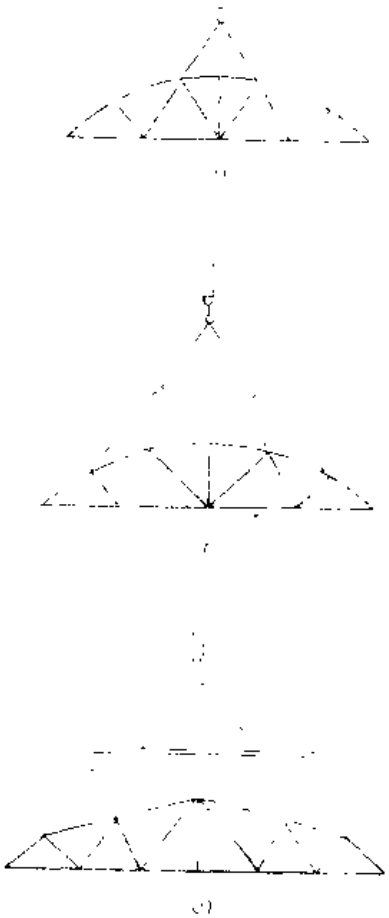
构件的高度，梁一般叠放 2～3 层，屋面板 6～8 层。吊装前还应准备好各种索具、吊具和工具。

柱子吊装要点：①对基础杯底进行抄平，根据柱底到牛腿面的实际长度，用细石混凝土调整杯底标高；②在基础和柱子上弹线，作为校正对位的依据；③吊起柱子插入基础杯底对位找直后，用大锤打紧楔子（每个柱面两个楔子）作为临时固定；④对重型或细长柱还应辅以缆绳固定；⑤柱子的最后校正，用两架经纬仪从柱子的相邻两边去检查垂直度；⑥校正的方法可用打紧楔子或在基础杯口支上螺旋千斤顶来推顶柱子；⑦柱子的最后固定，分二次在柱脚与基础杯口间隙中灌筑细石混凝土，第一次灌至楔子下，待混凝土达到强度后，拔出楔子，再全部灌满混凝土。

吊车梁吊装要点：①根据吊车梁和牛腿面上弹出的吊装准线，争取一次吊装就位成功，避免因二次找正就位影响柱子的垂直度；②吊车梁的平面位置最后校核应包括直线度和跨距两项，校核的办法是根据柱轴线用经纬仪将吊车梁中线投影到一跨四角的吊车梁上，用钢尺校核跨距后，再分别在两条中线上用细钢丝拉通线，将吊车梁逐根找正；③垂直度的校正，可用经纬仪完成；④校正后的吊车梁即可与柱子焊接固定并同时在柱与梁之间灌筑细石混凝土。

屋架与屋面板吊装要点：①屋架的平面外刚度差，吊装前应用木方绑扎加固；②屋架吊索与水平面夹角应不小于 45°（见示意图 *a*、*b*）；③屋架跨度大于 18m 时必须四点起吊（见图 *b*）以防止杆件受力不当而开裂，屋架跨度在 30m 时应采用横吊梁（见示意图 *c*）以减少绑扎高度；④第一榀屋架就位后的临时固定方法是用四根缆绳从两面将屋架拉牢，也可固定在抗风柱上；⑤屋架垂直度的找正采用经纬仪完成，校正后即可在屋架两端用对角施焊的方法与柱顶端作最后的固定；⑥第二榀屋架的固定，是用工具式支撑撑牢在第一榀屋架上，待两榀屋架校正固定后，即可在此节间吊装屋面板；⑦屋面板的吊装顺序，应自沿口左右对称逐步吊向屋脊，每块屋面板至少有三个角与屋架焊接。

（周培恩）



屋架吊装示意图
a—屋架小于或等于 18m 时；
b—屋架小于 30m 并大于 18m 时；
c—屋架等于或大于 30m 时

meikuang jianshe

煤矿建设 （coal mine construction） 又称煤矿基本建设。井巷或剥离的基建施工、矿场建筑和机电设备安装三类工程的总称。含煤矿的新建、扩建、改建、恢复工程建设及其相联系的工作。主要内容有固定资产的建筑和安装，包括井巷工程、地面建筑工程，及铁路、道路、供电、供水、通讯等工程；固定资产的购置，包括设备、工具、器具等；其他基本建设工程，如地质勘探、设计、土地征购、职工培训、科学实验等。

煤矿建设和其他行业的建设相比，有明显的特殊性：①煤矿建设的地点、类型及规模均受煤炭埋藏量及赋存条件的限制。②工程量大、工期长，建成一座年产 300 万 t 的矿井，要开凿 3～5 万 m 地下巷道，从地下排出 50～80 万 m^3 矸石和煤，建造 10 万 m^2 以上的地面建筑物，工期 4 年以上，一个矿区的建设长达几十年。③不可预见因素多，建设期间由于地质条件的变化，常常需要修改设计，地下水、煤层瓦斯、松软破碎岩层等常常导致延误工期或造成事故。④建设过程的不可间断性，自投入建设资金到全部建成，一座煤矿取得完整的形态才具有使用价值，任何中间形态都难以构成独立使用价值。⑤煤矿建设中，矿井的井巷工程或露天矿的剥离工程，在煤矿投入生产后仍需不断进行以保证生产的延续。

中国现代煤矿建设始于19世纪，1876年清政府兴建了兴隆煤矿，1877年筹办开平煤矿，1881年建成了唐山矿。多数是边生产、边建设，自我积累、逐步发展，没有形成专业化的设计、施工力量。新中国成立后，煤矿建设得到迅速发展。1949～1952年在东北开工建设了鹤岗东山立井、兴安台立井、阜新平安立井、海洲露天、辽源中央立井、鸡西小恒山立井、双鸭山岭西立井等17处煤矿，年设计生产能力1251万t。1953年开始的第一个五年计划中，共建成煤矿205处，年设计生产能力6376万t，以后每个五年计划，都有6000～8000万t规模的煤矿建成投产（部分时期煤矿建设及投产规模见表）。1950～1990年中国煤矿建设建成投产矿井（露天）2275处，新增生产能力达64935万t。到1991年底，建成年生产能力1000万t以上的矿区14个，有黑龙江省的鹤岗、鸡西矿区，辽宁省的阜新矿区，河北省的开滦、峰峰矿区，山西省的大同、阳泉、西山、平朔矿区，山东省的兖州矿区，江苏省的徐州矿区，安徽省的淮北、淮南矿区，河南省的平顶山矿区。年生产能力在500～1000万t的大型矿区15个，有北京矿区，山西省的汾西、潞安矿区，内蒙古自治区的平庄矿区，辽宁省的抚顺、铁法矿区，黑龙江省的双鸭山矿区，山东省的新汶、枣庄矿区，河南省的焦作、义马、新密矿区，陕西省的铜川矿区，宁夏回族自治区的石炭井矿区。年生产能力100～500万t的矿区57个，有河北省的邯郸、邢台矿区，山西省的晋城、霍县矿区，河南省的鹤壁等。这些矿区的建成满足了国民经济增长的需要，使中国的煤炭工业跻身于世界煤炭工业的先进行列。

中国煤矿建设队伍到1991年底，已拥有部及省属设计院29个，设计技术人员1万余人。矿建、土建、安装、筑路及从事特殊地层凿井的专业工程处199个，共37万人，各种施工装备15万台、这支队伍能同时承担1.5亿t的煤矿建设任务，能在各种复杂地层条件下建设年生产能力500万t的矿井，能建设年洗选能力1500万t的选煤厂及各类新型结构厂房和高层建筑物，能安装自动化的大型机电设备。1950～1991年全国直属直供建设项目，共掘进井下巷道1万公里，从地下挖出1亿多立方米的矸石，完成地面建筑1亿多平方米，修建了1万多公里的铁路专用线。

中国自50年代引进苏联和东欧国家的技术与装备，发展了机械化采煤。70年代后又发展了综合机械化采煤，使新建煤矿的技术装备达到了国际水平。新投产的大型矿井，以大功率综采机组、综掘设备为标志跨入了世界煤炭工业的先进行列。大部分矿井配备了大功率的多绳摩擦式提升机、大吨位箕斗、强力带式输送机、大吨位矿车、煤仓定量装载装置、矿区微波程控通讯、矿井生产安全监测监控系统，采用了可靠的环保措施。

中国煤矿设计广泛吸取国内外先进设计技术和设计经验，采用先进的技术装备，提高单产单进；简化生产系统和环节，实行合理集中生产；大型矿井采取一次设计，分区建设，分区投产的方针；新建矿井尽量减少工程量，采区推行前进式布置，多做煤巷，少做岩巷；地面总体布局和管理体制本着集中统一、专业化协作和提高管理效能的原则，按生产、生产服务、生活服务的三条线安排；简化地面设施，改革机修和供应体制，集中设置工业区和生活区，以发展多种经营和综合利用。“七五”期间的矿井设计，万吨掘进率为168m，回采工作面单产45.4万t，全员效率2.81t。

中国煤矿建设施工技术已进入世界先进国家行列。立井、斜井施工和井巷特殊施工技术已达到世界先进水平，平巷施工机械化水平尚属中等发达国家水平。井承担了印度、摩洛哥、孟加拉、印度尼西亚、土耳其、越南等10多个国家的矿井和选煤厂建设任务。

（唐建光　崔增祁）

中国部分时期煤矿建设及投产规模表

	建设规模（处—万t）	投产规模（处—万t）	平均工期（月）
三年恢复时期	80—2857	60—1564	—
“一五”时期	327—11792	205—6376	28
“二五”时期	482—13740	388—9676	22
三年调整时期	150—5782	85—2155	67
“三五”时期	866—19270	318—6915	54
“四五”时期	727—18663	402—8121	52
“五五”时期	416—17106	250—6493	80
“六五”时期	569—25403	273—8127	83
“七五”时期	547—27586	256—12617	66.8
合　计	2275—64935	—	—

meikuang jianshe dinge

煤矿建设定额　(coal mine construction quota)　在合理的施工技术和劳动组织条件下，完成建筑安装工程中每一单位产品所需的活劳动和物化劳动的数量标准以及用货币表现的某些必要费用的额度。煤矿建设定额是设计、计划、生产、预算、财务等各项工作的重要控制指标。在计划经济条件下，由煤矿建设主管部门统一编制和颁发的定额，具有法令性质；在市场经济的条件下，定额的法令性转变为指导性。

为了加强定额管理工作，中国煤炭工业部于1955年在各大行政区分别设立了定额研究站，后于60年代中期被撤销。

1982年，煤炭部在恢复定额制度的同时恢复了定额站的建制。1993年为了逐步建立起适应社会主义市场经济需要的煤炭建设工程造价管理体制，将定额站更名为煤炭工程造价管理站，其主要职责是：贯彻执行国家有关工程造价管理的方针、政策，负责煤炭建设工程造价管理的政策、法规、制度的监督与施行；负责煤炭建设工程各类定额、指标的编制及其修订、补充和管理；审批煤炭建设工程矿区人工预算、结算单价及材料预算价格；负责煤炭建设工程调价系数的制订、发布和管理；负责煤炭建设工程有关费率的审批。

定额的编制方法 一般分为调查研究法、计算分析法、统计分析法、技术测定法四种。

调查研究法是以参加施工实践的老工人、班组长为主，并由施工技术人员、预算人员、劳动工资人员、定额员、材料员等参加，根据在施工实践中积累的经验与资料，拟定定额的方法。计算分析法是根据统一劳动定额或各工种经过努力可以达到的工种效率、材料消耗及施工机械生产率等实际资料，计算完成定额项目单位工程量所需的人工、材料和机械台班消耗量的方法，统计分析法是根据施工实践中的工时消耗、材料消耗和施工机械台班消耗以及产品完成数量的统计资料拟定定额的方法。技术测定法是在施工过程中对各个工序进行实测、查定，分析哪些工时、材料、施工机械的消耗是必不可少的，哪些是由于管理不善而造成的，从而确定合理的生产组织措施下达到的劳动生产率和材料、机械消耗定额。

定额的编制原则

(1) 平均合理的原则。定额所规定的人工、材料和机械台班消耗，必须体现社会必要劳动量，即建立在正常的生产条件下、各施工企业已经达到平均水平的基础上。

(2) 和技术标准相一致的原则。对于工程质量、材料规格与质量、施工图纸、施工组织、机械化水平等问题的确定和选用，应符合设计规范、施工及验收规范、质量评定标准、煤矿保安规程等法规的规定，并要充分掌握从实践中总结出来的经验资料。

(3) 简便易行的原则。定额内容力求通俗易懂，数据正确、少留或不留活口；定额的项目划分和表现形式必须恰当而简明，项目划分不宜过细，在不影响定额质量的前提下，应向扩大结构定额和综合预算定额方向发展。

(4) 不断更新的原则。及时将行之有效的、为多数企业推广运用的新技术、新工艺、新设备、新方法，进行定额更新。

定额的审批和使用 定额编制完成后，须经国家或煤炭主管部门审查批准颁发使用。煤炭系统的建设、设计、施工、管理等单位都必须执行。如遇定额缺项，可由使用单位根据定额的编制原则，结合设计工程的具体情况编制补充预算定额，报政府指定的工程造价管理部门审批后方可使用。

煤炭建设定额种类 包括投资估算指标、概算指标、预算定额、间接费定额、施工定额、工期定额。

投资估算指标 是在工程概算指标的基础上进一步扩大编制的估算指标，包括矿井单项工程(能单独立项，建成后能独立形成生产能力或规模的建设工程)吨煤投资参考指标；选煤厂单项工程吨煤投资参考指标；矿井及选煤厂单位工程(单项工程中，能相对独立的建设工程)投资估算指标；矿井辅助和附属企业投资估算指标。

矿井单项工程吨煤投资参考指标是按矿井年设计生产能力、开拓方式、煤层赋存条件和开采技术条件的复杂程度，分别制定年产一吨煤所需要的投资额参考指标，投资范围包括从筹建至达到设计生产能力前完成设计规定的全部井巷工程、土建工程、安装工程、设备购置及其他费用。选煤厂单项工程吨煤投资参考指标是按选煤厂年设计生产能力、炼焦煤和非炼焦煤选煤厂以及不同的生产工艺、分别制订年产一吨选煤产品所需要的投资额参考指标，投资范围从筹建至达到设计生产能力前完成设计规定的全部土建工程、安装工程、设备购置和其他费用。矿井及选煤厂单位工程投资估算指标是按每完成1m井巷工程或1m^{3}硐室工程所需要的投资额参考指标。设备安装工程是按各种不同型号设备包括设备购置和安装每套设备所需要的投资额参考指标。

行政福利建筑及民用建筑按不同结构每平方米建筑面积出现综合指标，铁路、公路按每公里线路出现综合指标，工资、材料价格不同时，可按万元定额进行价差调整。矿区辅助和附属企业投资估算指标，包括矿区修理厂、矿区总器材库、矿区总坑木场、矿区爆破材料总库、预制构件厂、水泥厂、矸石砖厂、矿区汽车队、矿山救护队、矿区消防队、地质勘探队、局办公楼、招待所、汽车库、技工学校、俱乐部、矿区总医院等项目，每项指标的内容包括企业规模、建筑面积、投资额、三材及定员指标。

煤炭工程建设投资估算指标用于矿区总体设计和单项工程可行性研究阶段的工程投资估算、方案比较、项目决策、编制项目规划及限额投资等项工作。

概算指标 是规定生产一定的扩大计量单位建筑安装的工程造价和工料消耗量的标准。概算指标以建(构)筑物的面积、体积或长度为单位进行编制、是在预算定额的基础上进一步综合扩大而编制的。

编制概算指标，首先选择各种建(构)筑物的标准设计、通用设计和常用的施工方法以及设备安装工程的施工图和施工方法，作为编制概算指标的基础资料。再以选定的工资单价、材料预算价格、机械台班费用，套用预算定额编制各种类型的建筑安装工程单位工程预算，除以单位工程的工程量，再增加一个概算指标与预算定额的幅度差(一般为3%)即为该单位工程计量单位的概算指标。

煤炭工业概算指标主要有煤炭工业地面建筑工程概算指标、煤炭机电安装工程概算指标和煤炭工程建设其他费用指标等。

概算指标是编制设计概算时确定工程造价的定额指标，并可供主管部门编制基本建设投资计划和施工部门施工备料的参考。

预算定额 亦称设计预算定额。是根据某一时期的社会平均水平确定完成建筑安装工程中的每一分部分项工程单位产品所需的劳动力、材料(半成品)和施工机械台班消耗量的标准。

煤炭预算定额(含综合预算定额)有煤炭井巷工程综合预算定额、煤炭井巷工程辅助费综合预算定额、煤炭特殊凿井工程综合预算定额、煤炭地面建筑工程预算定额、煤炭机电安装工程预算定额、煤炭露天剥离工程综合预算定额。

预算定额一般由总说明、定额项目表、附录及附件等组成。总说明，说明定额的编制原则、指导思想、编制依据、适用范围以及定额的作用等；定额项目表是预算定额的主要组成部分，人工以平均工资等级的合计工日数表示，材料只列主要材料消耗量，零星材料以"其他材料费"表示，还列有根据取定的工资单价、材料预算价格和施工机械台班单价分别计算的人工、材料、施工机械费用和汇总后的基价；附录及附件附有施工机械台班定额、工程量计算规程、人工工资单价组成表、材料及半成品预算价格取定表、材料及半成品损耗率表、混凝土及砌筑砂浆配合比表、单机试运转电能风量消耗表等。

在合理确定预算定额水平的基础上适当综合扩大的原则，煤炭系统对某些工程编制了综合预算定额，如将掘进、临时支护、永久支护等工程，综合成每10m井筒的成井定额。综合预算定额同时出现概算基价和预算基价，综合预算定额既适用于编制施工图预算，也适用于编制设计概算。

预算定额是编制施工图预算、进行工程结算、核定投资贷款的依据(在实行招投标制时，预算定额的作用由法令性转变为指导性)，是编制施工组织设计确定劳动力、材料、成品、半成品和施工机械需要量的重要参考资料，是施工企业进行经济核算和经济活动分析的依据，是编制概算指标的基础。

间接费定额 是不能直接计入某一工程成本而需按一定比例在若干工程之间进行分摊的费用，间接费定额由施工管理费和其他费用两部分组成。

施工管理费包括：①工作人员工资，指施工企业的政治、行政、技术、经济、试验、警卫、消防、炊事和勤杂人员以及行政管理部门汽车司机等的基本工资、辅助工资和工资性津贴；②工资附加费，指按照国家规定支付的工作人员的福利基金和工会经费；③工作人员劳动保护费，指按国家有关部门规定标准发放的劳动保护用品的购置费、修理费、防暑降温费；④办公费，指行政管理办公用的文具、纸张、帐表、印刷、邮电、书报、会议、水电和集体取暖用煤等费用；⑤职工教育经费，指按财政有关规定在工资总额扣除各种奖金后的1.5%的范围内，掌握开支的在职职工教育经费和特殊工种培训费；⑥差旅交通费，指职工因公出差，调动工作的差旅费、住勤补助费、市内交通费和误餐补助费、职工上下班通勤费、职工探亲路费、劳动力招募费、职工离退休或退职一次性路费、工伤人员就医路费、为平衡施工力量而发生的转移费以及行政管理部门使用的交通工具所发生的费用；⑦固定资产使用费，指行政管理和试验部门使用的房屋、设备、仪器等的折旧基金、大修费、维修费、租赁费以及房产税、土地使用税等；⑧行政工具用具使用费，指使用不属于固定资产的工具、器具、家具、交通工具和检验试验、测绘、消防用具等的购置、摊销和维修费；⑨利息，指施工企业按照规定支付银行的计划内流动资金贷款利息；⑩其他费用。

其他间接费包括：①临时设施费，指施工企业为进行建筑安装工程施工所必需的生活和生产用(矿建工程除外)的临时建筑物、构筑物和其他临时设施等；②劳动保险基金，指施工企业由福利基金支出以外的、按劳保条例规定的离退休职工的费用和6个月以上的病假工资，按照上述职工工资总额提取的职工福利基金以及丧葬费、抚恤费等；③职工生活用煤价差，指煤炭提价后由施工企业负担的职工生活用煤差价；④生活物资运输费，指施工企业现场职工所需的粮食、副食、蔬菜等由采购地至施工现场的运输费用。

煤炭工业的间接费定额有矿建工程间接费定额、土建工程间接费定额和安装工程间接费定额三类。间

接费定额的取费基础是：矿建工程按直接费取费，矿建工程中的特殊凿井工程按人工费取费；土建工程按直接费取费；安装工程按人工费取费。

施工定额 建筑安装企业直接用于施工管理的定额，用以控制劳动力、材料和施工机械等消耗的标准量。各企业可根据不同的施工条件和施工技术分别制订不同的施工定额。施工定额的水平通常高于预算定额。

施工定额由劳动定额、材料消耗定额和施工机械台班消耗定额组成。劳动定额是在一定的施工组织和施工条件下，为完成单位合格产品所必需的劳动消耗标准；材料消耗定额是在合理使用材料的条件下，完成单位合格产品所必须消耗的一定品种、规格的原材料、燃料、半成品、配件和风、水、电等动力资源的数量标准；机械台班消耗定额是在合理使用机械和在合理的施工组织条件下，完成单位产品所必须消耗的机械台班数量的标准。施工定额主要是作为建筑安装企业编制施工组织设计和施工作业计划的依据，是编制施工预算时计算人工、材料和施工机械台班需用量以实行内部经济核算的依据，是签发施工任务单和限额领料单的依据，是企业实行按劳分配时计算劳动报酬的有效手段，也是企业主管部门编制预算定额的基础。

工期定额 是煤炭建设主管部门根据本行业具体情况按正常的施工方法、施工组织和装备，分门别类制订的建设不同类型、不同规模的生产性和非生产性建设工程项目从开工到投产或竣工所需的额定时间。

矿井建设工期定额根据关于分期投产、提前出煤的现行煤炭工业技术政策，定额中分别出现投产（出煤）工期和竣工工期。矿井投产（出煤）工期是指从矿井单项工程建设工期的关键路线上任何一个井筒破土动工，到设计规定分期投产之前必须建成的工程项目和工程量全部完成，经试生产验收合格的额定工期；对中型以上矿井，是指永久生产系统已建成，装备的部分回采工作面已构成生产条件，经试生产合格，可以出煤时的额定工期。矿井竣工工期是指处于决定矿井单项工程建设工期的关键线路上任何一个井筒破土动工到设计规定达到设计生产能力应完成的工程全部完工，经试生产、验收合格所需的额定工期。

选煤厂建设工期定额是从设计文件规定的永久工程破土动工，到全部工程按设计完成，经竣工验收合格，正式投入生产的全过程所需的额定工期。

矿井及选煤厂建设工期定额均不包括施工准备工期（即在完成建设用地的征购工作，施工人员进场开始场内三通一平等施工准备工作之日起，至项目正式开工为止所需的工期），此项工期在《煤炭矿井、选煤厂工程项目建设工期定额》附录中列有施工准备参考工期。

煤炭矿井、选煤厂工程项目建设工期定额主要为新建矿井、选煤厂工程项目评估、决策和按合理工期组织建设服务，是编审设计任务书和初步设计文件时确定建设工期的依据，对编制施工组织设计和进行投资包干、工程招投标与核定工程贷款、还款期等工作中的工期管理，具有指导作用。

（蒋宗德）

meikuang jianshe gongcheng jianli

煤矿建设工程监理 （project consultation of coal mine construction） 由专业技术、经济管理人员组成的咨询（监理）单位对煤矿建设工程的决策和实施进行咨询、管理和监督，并对建设工程的投资、工期、质量实施有效控制的管理机制。中国是把咨询、顾问、监督等合称为工程建设监理，类似于国际上通称的工程咨询或工程顾问。

监理单位有专营的监理咨询公司、监理事务所和兼承监理咨询业务的工程设计、科学研究单位。监理单位受建设单位的委托，按签订的监理合同规定的内容开展工作，对其承担的监理服务承担技术和经济责任。监理单位需取得相应的资格，监理工程师需通过资格考试，并取得证书。

煤矿建设工程监理按其工作内容分为五个阶段：①建设前期阶段，包括项目建议书和可行性研究的咨询与审查；②设计阶段，包括提出设计要求、组织评选设计方案、选择设计单位、商签设计合同并监督实施、审查设计和概预算并提出修改意见；③施工准备阶段，编写与发送施工与设备采购招标文件、协助评标和商签承包合同、审查承包单位提出的施工组织设计和施工进度计划并提出改进意见；④施工阶段，督促、检查承包单位执行工程承包合同和工程技术标准的情况、调解建设单位与承包单位之间的合同争议、检查工程使用的材料和构件的质量、检查安全设施及保安规程、检查工程进度和施工质量、签署工程验收及付款凭证、整理合同文件和有关技术档案资料、组织竣工验收并提出竣工验收报告和工程结算报告；⑤工程保修阶段，检查工程使用情况并督促保修。实际工作中，监理单位可承担以上部分或全部工作。

煤矿工程建设监理工作的依据是国家有关建设的政策、法律、法规，包括有关的规定、办法、规范、规程、标准等。常用的有《煤矿保安规程》、《煤矿设计规范》、《矿山井巷工程施工及验收规范》等。还有批准的建设计划、规划、设计文件及依法签订的工程设计、施

工及设备承包合同。

监理单位必须守法、公正、诚信，维护国家利益以及建设单位与承建单位的合法权益。监理单位不得与设计、施工、设备制造、材料供应单位发生经营性关系，监理工程师也不得在政府机关或设计、施工、制造、供应单位任职。

工程建设监理的产生、演进和商品经济的发展、建设领域的专业化分工、社会化生产相伴随。16世纪以前的欧洲，建筑师就是总营造师，他受雇于业主，负责设计、购买材料、雇佣工匠，并组织管理工程的施工。16世纪以后，建筑师队伍出现了专业分工，一部分建筑师转向社会传授技艺，为业主提供技术咨询、解答疑难问题，或受聘监督管理施工，工程建设监理应运而生。第二次世界大战以后，由于需要建设一些投资多、风险大、规模浩繁、技术复杂、无论投资者和承建者都难以承受由于投资不当或项目组织管理失误而造成损失的工程，迫使业主更加重视项目建设的科学管理、减少投资风险、节约工程费用和保证投资效益，故需聘请有经验的监理人员进行投资机会论证和项目可行性研究，在此基础上进行决策，而在工程建设的实施阶段还要进行全面监理，这样，建设监理就贯穿到建设活动的全过程。欧、美、日等工业发达国家现代已普遍实行工程建设监理，并正向法律化、程序化发展。一些发展中国家也结合本国的实际，确立和引进监理机制。世界银行和亚洲、非洲开发银行等国际金融机构，都把实行工程建设监理做为提供建设贷款的条件之一。中国自1988年起，开始在一些项目试行监理制度，1988年7月，建设部发出了《关于开展监理工作的通知》，经过3年试点，全国实行监理制的工程已扩展到28个省、自治区、直辖市和国务院15个工业交通部门的400多个工程项目，取得了较好的效果。1988年煤炭部在河南永城矿区率先实施了工程施工阶段的监理，在投资控制、工期控制、质量控制与履行合同上，都取得了显著效果，其后监理制又在全国的一些新矿区和新矿井建设中逐步推广，并将成为今后大型项目建设管理的主要方式。

（崔增祁）

meikuang jianshe gongcheng zhiliang guanli

煤矿建设工程质量管理 （quality control of coal mine construction） 为保证和提高煤矿建设工程质量进行的调查、计划、组织、协调、控制、检查、处理及信息反馈等各项活动的总称。

质量标准是工程施工操作和检查验收的依据。中国煤矿的建设工程质量标准由政府主管部门负责组织制定并颁发施行。煤矿建设中的地面建筑工程、通用设备和管线安装工程执行建设部颁布的《建筑安装工程施工及验收规范》、《建设安装工程质量检验评定标准》，井巷工程及煤矿专用设备机电安装工程执行建设部颁布的《矿山井巷工程施工及验收规范》和煤炭工业部制定的《矿山井巷工程质量检验评定标准》、《煤矿机电安装工程质量检验评定标准》。其中煤炭工业部制定的两项标准于1965年首次颁布，1973年、1978年曾两次修订，当时的质量标准及评级办法主要是根据完工的单位工程设检查点进行实测实量来评定工程质量等级。1994年，又按照全面质量管理的基本观点作了较大的修订，新的检验评定标准体现了全员、全企业对工程质量的责任，突出了在施工过程中对质量的检验，要求首先按分项工程检验质量，分项工程达到合格后方可进行下道工序施工，由分项工程质量等级确定分部工程质量等级，由分部工程质量等级再评定单位工程质量等级，然后综合确定工程项目的质量等级。

分项工程质量等级的评定标准，一般由保证项目、基本项目、允许偏差项目三个部分组成。保证项目是必须达到的质量要求，包括做为施工依据的技术性文件和资料，主要的建筑材料、构件、成品、半成品的材质及结构的强度、刚度和稳定性等检验数据的检测等；基本项目是允许有一定偏差，但要求较严的检测项目；允许偏差项目是允许少数检查点中的测点超出规定偏差范围，但不影响安全使用的项目。分项工程质量等级评定时，在保证项目符合规定后，基本项目和允许偏差项目都达到优良标准，该分项工程评为优良；其中有一项达不到优良标准，该分项工程评定合格；其中有一项达不到合格标准，则评为不合格，必须进行返工处理。

矿山井巷工程的分项工程按主要工序和工种划分，如巷岩掘进工程、锚杆安装工程。分部工程按工程的主要部位划分；如立井的井颈工程、井身工程。煤矿机电安装工程的分项工程按用途、设备类别及大型设备部件划分，分部工程则按专业划分。分部工程中，有50%以上的分项达到优良等级，分部工程即为优良；单位工程中，有50%以上的分部达到优良等级，即为优良单位工程。煤矿建设工程1975～1992年分工程类别的单位工程质量优良率见下页表。

工程施工中的质量管理机构主要由三个方面组成，即以设计、施工企业为代表的承包方；以建设单位或监理单位为代表的管理方；以工程质量监督站为代表的监督方。

设计、施工企业作为承包方是工程质量的直接责任者，必须按国家的有关技术法规、规范、标准进行设

1975～1992年分工程类别的单位工程质量优良率 单位 %

工程类别＼年份	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
矿建	55.1	62	70.7	86.3	33.4	37.8	29.3	36.4	43.8	47.8	47	46.5	52.1	53.2	60.4	61.9	67.6	
土建	70	82	81.3	96.9	56.9	66.7	37.2	68.3	70.1	71.2	70.5	71.2	96.6	66	72.3	75.3	74.7	
安装	62.5	90.6	92	98.6	65.4	75.7	66.9	90.2	67.2	87.2	86.3	87.6	86.3	89.9	93.7	91	90.9	

计和施工，在煤矿建设实施阶段其主要质量管理工作：①设计图纸会审；②编制施工措施，明确质量控制方法和质量要求，在施工队中组织教育和培训；③检验材料、设备质量，做好隐蔽工程记录；④做好班组自检、互检和交接班检查验收；⑤开展QC小组活动，进行质量攻关。

建设单位作为管理方，对实施全过程跟踪监督，按质量标准和合同质量要求验收签证，在煤矿建设实施阶段的主要质量管理工作：①对设计图纸和施工质量措施进行审查；②对质量控制方法和各种质量检测手段进行检查核验；③对材料、设备质量进行抽查，对由建设单位订购的设备组织中间检查验收；④参加隐蔽工程验收，对工程重要部位实行旁站监督；⑤组织单位工程竣工验收。

质量监督站代表政府实行全面质量监督，在煤矿建设实施阶段的主要质量管理工作是：①核查监督工程的勘察、设计、施工单位和自营建筑构件厂的资质等级和营业范围；②监督勘察、设计、施工单位和自营建筑构件厂严格执行技术标准；③参与建设单位组织的施工图纸会审、施工组织设计审查、工程验收；④工程质量等级的认证；⑤参加质量事故的调查分析和处理，负责质量纠纷的仲裁；⑥审核企业上报的优质工程；⑦参与采用新结构、新技术、新工艺的工程质量鉴定；⑧掌握工程质量动态，积累质量标准修订的资料。工程质量监督站按监督计划对受监工程质量进行检查，对受监工程有质量否决权；对不按技术标准要求设计和施工的单位，可给予警告或批评；对工程质量问题，可视情节严重程度对单位和个人处以罚款、令其整顿，直至建议有关部门降低其资质等级和吊销营业执照。

国际上对建设工程质量管理的方式可以概括为四种模式：

①英国及英联邦国家是由业主委托建筑师单位或咨询公司等专业管理机构对工程质量进行监督；②法国是通过保险公司作为第三方对工程质量进行监督，对不合格的工程设计不予保险，对不办理保险的工程，政府不予确认；③日本是政府只做宏观管理，如技术立法、制订安全法规，政府只管国营项目，私人投资项目由业主自找质量监督单位；④美国的管理方法基本上是英国和日本模式的混合体。

（崔增祁）

meikuang jianshe shigong guanli

煤矿建设施工管理 （construction management of coal mine） 施工企业对建设施工活动进行的规划、组织与监督工作。

煤矿建设施工管理应在保证安全、质量的前提下，提高效率、降低成本，以实现合同最优目标。

煤矿建设施工管理一般包括工程、计划、技术、安全、质量、成本、劳务、合同、信息、物资、施工机械设备等方面的管理。

(1)工程管理：对施工活动进行组织、协调和控制。包括对设计图纸进行会审，编制施工组织设计和措施，办理工程开竣工及工程变更等有关文件；协调解决存在问题，组织工程施工，控制施工进度和质量；对整个施工项目进行综合平衡和统筹管理。

(2)计划管理。在合同工期和合同价款确定的基础上，制定施工总进度和年度、季度计划、月和旬作业计划；编制与计划工程量相对应的包括资金、物资、劳务等生产要素计划；负责检查计划的执行情况，并根据实际情况及时调整计划。

(3)技术管理。对工程项目的各项技术活动和构成技术的各项要素进行组织和协调。结合工程项目实际做好新技术、新材料、新工艺和新设备的推广应用，不断提高企业技术素质。制定特殊技术措施，贯彻执行有关规程、规范，做好技术文件和资料的管理和技术成果的总结。

(4)质量管理是对施工工程质量实行有效的控制。包括对企业全体职工进行质量教育和推行全面质量管理；对影响质量的因素和环节进行分析研究，制定切实可行的措施计划，实行有效控制和监督；严格按有关规范、标准进行工程质量检验和等级评定；对工程进行回

访和保修，建立单位工程质量档案等。

(5)安全管理：对施工安全实行有效的控制。包括全面落实安全第一的方针，认真执行《煤矿安全规程》及上级有关安全生产的指令和文件；建立健全安全施工责任制，实行安全监察、行政管理和群众监督相结合的管理制度；经常开展安全检查活动和安全教育，特种作业人员要进行专业培训，实行资格考核、持证上岗制度；配备先进的安全监控仪器，不断提高施工企业的安全技术装备水平。

(6)成本管理：对完成施工项目时所发生的费用支出进行预测、计划、控制、核算、考核、分析等一系列的科学管理工作。主要内容包括对成本水平和降低成本的可能性进行分析、预测，提出项目目标成本，编制成本计划和相应的实施措施；通过目标分解、动态分析、跟踪管理、信息反馈、科学决策等，把实际工程成本控制在计划(或标价)范围内；通过分析项目成本情况总结经验，不断寻求降低成本的途径。

(7)劳务管理：为减少非生产性用工、降低用工费用、提高劳动生产率而进行的劳动力供应、分包和劳动组织等管理活动。包括按工程进度计划制定劳动力分配计划，安排劳动力来源，保证不同工种劳务及时、按质到场和退出；进行劳动管理、定额管理和奖惩计酬等。

(8)合同管理，指对施工承包合同的签订、履行、变更、解除进行考核、监督和管理，并对合同争议和纠纷进行解决处理等。

(9)信息管理：对施工过程中的各类信息进行收集、整理、处理、储存、传递和应用。主要内容有：掌握信息来源、进行信息收集；建立健全信息管理系统，正确应用收集、加工整理和储存等信息管理手段；存入数据库或档案库的信息资料要做好编目分类以便检索；健全信息传递渠道，保证信息传递准确、畅通；用好信息，做好信息反馈，及时作出反应，指导和决定管理行动。

(10)物资管理：建立稳定的供应关系和物资基地，搞好物资资料库，制定合理的物资消耗定额，建立物资计划调度指挥系统和报价核算体系，组织物资供应，降低消耗、提高物资使用过程效益。

(11)施工机械设备管理：包括对施工机械设备的技术性和经济性进行选择，编制机械设备的使用和保养计划，检查记录机械设备的产出效率、提出改进措施，定期对机械设备进行检查和维修。利用永久设备施工时，要征得建设单位同意，并签订使用合同。

(张志德　崔增祁)

meikuang jianshe shigong zuzhi sheji

煤矿建设施工组织设计　(construction organization design for coal mine construction)

根据设计文件和工程建设任务的要求，选定主要施工方案、安排施工顺序、确定建设工期并据以组织煤矿建设施工的指导性文件。

《煤炭工业技术政策》中明确规定：矿区总体设计批准后，须编制矿区建设组织设计；矿井初步设计批准后，须编制矿井施工组织设计；没有经批准的矿区建设组织设计和矿井施工组织设计，该项目不得列入年度开工计划，矿区不得进行实质性的准备工作，矿井不得招标，不准开工。经批准的施工组织设计是国家下达投资计划和编制基本建设计划的依据、是进行招标发包及控制建设工期的依据、是进行建设前期准备工作的依据、是全面部署施工活动和调配人力、财力、物力等资源的依据、是编制施工预算和施工计划的依据、是主要设备材料订货的依据、是安排施工图设计进度计划的依据、是进行施工现场总平面布置及管理的依据、是协调平衡各施工单位和工程之间关系的依据；是考核施工单位技术经济指标的依据。

煤矿建设施工组织设计可分为四类：

①矿区建设组织设计；②矿井(单项工程)施工组织设计；③单位工程施工组织设计；④施工技术组织措施。为适应年度施工计划的需要，还可在单项工程施工组织设计的基础上进行必要的调整，编制年度施工组织设计。

编制原则　①认真贯彻执行国家和煤炭工业的政策、法规、规定。②吸取国内外煤矿建设经验，推广行之有效的新技术、新设备、新工艺、新材料和科学管理经验。③突出以经济效益为中心，以施工方案优化为重点，强化时间观念，利息观念和资金周转观念，力争投资少、工期短、出煤快、效益好。④确立基本建设为生产服务的指导思想，密切结合实际，充分考虑使用要求，尽快形成综合生产能力，发挥投资效益。⑤各项指标既要积极先进，又要稳妥可靠，在计划安排上要留有一定的余地。⑥在经济合理的前提下，尽可能利用永久设施和采用移动装配式设施建井，严格控制大型临时工程或措施工程。⑦把组织管理置于重要位置，深化前期准备工作。⑧妥善处理好工农关系，节约施工用地，不断改善施工环境，做到文明施工，有条件的应及时造地还田。⑨选择好大宗材料供应基地，要就地取材，就近取材，不断降低材料价格和工程成本。⑩本着有利生产方便生活的原则，全面安排好生活基地和副食品供应基地，改善职工的物质、文化生活。同时要面向社会，开展多种经营，以提高建设期间的经济效益。

编制依据和内容 按设计类别有不同的设计依据和内容要求。

矿区建设组织设计依据：①矿区总体设计；②矿区详查地质报告；③国家和部颁发的有关技术经济政策，各种规范、规程和规定、标准；④与协作单位签订的协议、合同；⑤国家和建设单位对矿区建设的要求等。

矿井单项工程施工组织设计依据：①经批准的矿区建设组织设计，矿井初步设计及对以上设计的审批文件和修改资料；②经批准的矿井精查地质报告和水文地质报告，井筒检查孔及工程地质资料，邻近矿井的地质和水文资料以及对以上报告、资料的审批文件；③建设单位与外协单位、地方政府签订的有关协议；④国家计划和建设单位对本建设项目的要求；⑤矿井建设的条件；⑥国家和部颁的有关政策、法令、规范、规程、标准；⑦可能参加投标施工企业的技术装备、人员素质、技术水平和进度指标等。

矿区施工组织设计的主要内容：①编制设计的基础数据和控制指标；②矿区建设的布局和总体部署；③矿区各矿井建设顺序、建设方案和矿区建设总工期；④矿区其它工程项目建设顺序，包括选煤厂、热电站、公路、铁路专用线、供电、供水、通讯等矿区主要配套工程和矿区行政、文教、医疗设施等矿区辅助及附属企业以及矿区集中生活区和首开工矿井配套工程等施工顺序的优化；⑤矿区建设期间的环境保护和绿化；⑥矿区建设总平面布置；⑦矿区建设网络计划和技术资源需要量；⑧提高矿区建设期间经济效益的主要途径；⑨针对矿区建设特点提出的主要施工方案；⑩矿区建设的组织与管理；⑪矿区建设期间经济技术评价；⑫对矿区建设的建议；⑬附图及附表。

矿井（单项工程）施工组织设计的主要内容：①编制设计的基础数据和控制指标；②矿井建设施工部署；③井筒施工方案；④井巷工程关键线路优化；⑤主、副井交替装备施工方案；⑥公路、电源、水源、通讯和平场施工方案；⑦通风安全和针对矿井自然条件所采取的措施；⑧各阶段生产辅助系统方案，包括提升、压风、排水、供电、供热、井上下运输、排矸及工程煤处理、混凝土搅拌及预制件加工等；⑨利用永久设施和采用移动装配式设施建井，减少大临工程的措施；⑩施工机械化作业线；⑪井下主要硐室施工方案；⑫其他井巷工程施工方案；⑬重点机电安装工程施工方案；⑭矿井建设期间的环保与绿化；⑮矿井施工总平面布置；⑯矿井建设网络计划和技术资源需用量，包括矿井建设前期准备工作；⑰矿井建设的组织与管理；⑱投资分析及技术经济评价；⑲对矿井建设的建议；⑳附图及附表。

发展情况 国际上十分重视施工组织设计工作，苏联煤炭系统在50年代就有二个施工组织设计研究院（所），到80年代已发展到十个院（所）以上。世界银行对施工组织设计亦有较高的要求。

中国煤矿建设自50年代初始，在初步设计中有施工组织一章，施工企业在开工前，均编制施工组织设计，1966年，在内蒙古五虎山等矿井首次将网络技术应用于矿井施工组织设计。80年代，煤矿建设施工组织设计有较大的发展，1982年中国煤炭系统创建了第一个施工组织研究所，1983年在邯郸召开了全国第一届施工组织学术会议，1987年底《煤炭工业技术政策》正式将施工组织设计列为煤矿基本建设的一个重要环节。随着中国市场经济的发展，煤矿建设施工组织设计进行着以下改变：①施工组织设计已成为施工招标的依据，编制与审批工作提前到矿井招标前完成；②编制单位由过去的建设单位或施工单位改为经验丰富的专业咨询单位，以适应不断提高设计质量的要求；③由矿井施工组织设计发展到矿区建设组织设计，编制手段已发展到应用系统工程和计算机进行；④设计原则由原来的以工程技术为中心转变为以经济效益为中心，以工程排队为主要内容转变为以施工方案优化为主要内容，深化准备阶段和过渡阶段，置组织与管理于重要地位。

（蒋学乐）

meikuang jianshe xiangmu guanli

煤矿建设项目管理 （coal mine construction project management） 为确保某个具体煤矿建设项目（或单项建设工程）总目标的最优实现。在设计、施工、资金、物资等职能管理的基础上，对项目的全过程进行计划、组织、协调和控制。它是一种有资金和时间约束的一次性管理。一般是指建设单位（业主）对所建项目的管理。

20世纪50年代末，西方国家的工程项目投资者将美国在科学实验项目中采用“项目管理”（Project managment）的成功经验，引进到对工程项目进行组织管理并取得成功，而且逐步形成一门新的学科——“建筑工程项目管理学”。80年代初，中国煤炭行业结合煤矿建设项目周期长、投资大、不可预见因素多等特点，进行项目管理的探索和试点，引进、开发项目管理软件，培训项目管理人才，并在永城等矿区建设管理中取得成效。

煤矿建设项目管理的主要职能有计划、组织、协调和控制。计划职能是把煤矿项目建设的全过程、全部活动、总目标和分解目标都纳入项目计划的轨道，运用动态计划系统，把握项目的正常运行。组织职能是通过优

选组织形式、组织结构，编制项目组织设计，采取组织措施，建立健全统一、高效的组织保证体系，确保项目总目标的最优实现。协调职能是对项目的各阶段、参加项目建设的各部门及其各层次之间存在着的结合部进行协调，使整个项目系统统一行动、协调发展。控制职能是通过各种方式对被控对象（主要是项目工期、质量、投资）进行预测、引导、监督、检查和纠正，以保证在不断变化的条件下实现项目总目标。

煤矿建设项目管理的组织主要有两种形式，一是建设单位（业主）自管，一是由建设单位委托监理单位或选择承包单位负责项目全部或某些阶段的管理工作。随着监理咨询公司、工程总承包公司等专业性服务公司的产生和发展，由建设单位选择专业性服务公司进行项目管理，会越来越多被采用。

煤矿建设项目管理的组织结构，常用的有线性组织结构和矩阵组织结构两种。线性组织结构是由建设单位（或委托专业管理公司）对每个项目设项目经理，并设置相应的业务部门，部门负责人向项目经理负责，项目经理向建设单位负责人负责，其特点是项目管理中每一个具体工作部门都只有唯一的直接上级部门，工作纠纷和扯皮现象少，协调工作量小。矩阵组织结构是既包括业务部门的纵向管理，又包括工程项目的横向管理，各业务部门人员分别按项目分工，各项目经理对业务部门内对口人员起领导和协调作用，这种结构可以充分利用人力和物力，适用于建设单位同时有几个工程项目的情况。

煤矿建设项目管理的组织设计是项目负责人（经理）进行项目管理的主要文件，内容主要包括：确定项目总目标；制定工作制度、计划、程序和实现项目目标的措施；选择项目管理的方法和手段；绘制组织结构图和任务一览表；编制信息目录等。

项目管理常用的方法有：采用系统工程的理论和方法对项目进行统筹管理；采用计划评审技术（PERT）、关键线路法（CPM）编制工程进度计划，采用目标管理、全面质量管理、价值工程、风险管理以及技术经济分析等理论和方法对项目的工期、质量和投资等进行有效控制。项目管理的手段主要是广泛应用电子计算机，把项目管理与管理信息、决策支持、系统仿真、人工智能和专家系统等集成于一体的项目管理软件的应用，为项目管理这一科学方法的实施提供了保证。

项目管理作为一种科学管理方法，国际上已广泛应用，但是，对其理论和方法的深入研究仍然方兴未艾，每年一度的国际项目管理年会吸引着世界各国的专家和学者，竞相发表在这一领域的最新研究成果。中国煤炭建设项目管理，还处在学习和探索的阶段，适合中国国情的项目管理理论还有待于进一步完善和开发。

参考书目

中国建筑学会、同济大学，《建筑工程项目管理学引论》，苏州印刷厂，1983。

宋俊岳、周芹，《项目管理与建设监理》，企业管理出版社，1990。

中国工业科技管理大连培训中心，《项目管理》，企业管理出版社，1986。

赵铁生，《工程项目管理》，天津大学出版社，1992。

（张志德）

meikuang jianshe xiangmu houpingjia

煤矿建设项目后评价 （post evaluation of coal mine construction project） 对建设项目从立项到建成投产后阶段的全面分析评价，作为以后同类项目立项决策和建设的参考依据。它一般在项目建成投产后 2 至 3 年或达到设计生产能力时才进行，是项目基本建设程序中最后一个环节。项目后评价的基本方法是对比法，即把项目建成投产后所取得的实际效果、经济效益和社会效益、环境保护等情况与预测情况对比，从中发现问题、总结经验和教训。一般对重大建设项目才做后评价。中国煤矿建设项目后评价工作从 1990 年开始，已进行后评价的项目有山东兖州矿区、兴隆庄矿井、鲍店矿井等。

世界银行在贷款任务发放完毕后一年左右，要对其资助的项目进行后评价。一般先由该项目的银行主管人员准备一个项目完成报告，然后由执行董事会主席指定专责董事负责的业务评价局（Operation Evaluation Department）提出自己的审核报告（Audit Report），直接送交董事会主席。

项目后评价的依据

1. 国家统一颁发的项目可行性研究与项目经济评价的内容与方法及部门制定的具体办法和实施细则。

2. 项目立项、决策和建设资料：①批准的项目建议书、初步可行性研究报告、可行性研究报告；②项目评估报告；③批准的设计文件，包括设计说明书、图纸、设备及主要器材清册、三材消耗、概算书等；④项目的招标、投标资料及合同文件；⑤开工报告、施工资料、竣工验收报告、重大设计变更、工程更改（包括批准文件）和隐蔽工程记录；⑥施工图预算、结算及竣工决算文件；⑦审计资料；⑧资金实际来源与贷款条件资料；⑨建设期各年实际使用投资额、设备和材料到货记录及价格资料；⑩编制可行性研究报告及办理工程价款结算时

所依据的国家、部门(行业)、地区制订的有关财经法规、经济参数、设备和材料价格、其他费用等资料以及后评价时上述法规、参数、价格、费用的变化情况。

3. 项目建成后的效益、费用资料：①项目投产使用后的投入与产出资料，包括年产销售统计表、年度财务报表和统计报表、成本及其构成资料、年度资产负债表、经济活动分析资料、所采取的增收节支措施及措施执行情况；②项目投产使用后产品在市场上的销路，产品在其寿命周期内与竞争对手的产品在质量、价格、售后服务等方面的比较；③项目投产使用后的间接效益和社会效益资料：主要有技术扩散和技术转移的外部效果、环境效果、项目对国家安定、科技进步、就业、社会文化、教育、卫生、体育等方面发展的影响。

项目后评价的内容　包括前期工作的评价、建设实施的评价、效益的评价及与批准的可行性研究报告比较情况、评价结论。

前期工作的评价，包括：①立项条件是否正确。②决策程序是否符合要求。③前期工作深度能否满足建设要求。④设计依据、标准、规范、定额、费率是否执行了国家规定，设计规模及主要建设内容是否符合国家批准的要求。⑤设计漏项及设计变更增加投资情况。⑥设计方案在技术上的可行性和经济上的合理性。

建设实施的评价，包括：①施工准备能否满足开工要求。②建设实施是否符合基本建设程序。③投资包干、招标投标以及各种协议和合同的执行情况、经验教训。④施工组织方式、施工队伍和施工的经营与管理。⑤施工项目管理、工程质量、工期、安全情况。⑥工程的建设管理情况、经验、教训(含资金和物资等供应情况)。⑦配套项目建设情况。⑧工程竣工验收是否符合国家验收标准。⑨生产准备情况(人力、物力、财力)。

效益的评价及与批准的可行性研究报告比较情况，包括：①生产经营及达产情况：项目产品的市场销售情况，运输条件，在国内、外市场上的竞争能力，市场占有率，项目达到设计能力的进程。②经济评价：包括项目的直接效益与间接效益、国民经济盈利性指标(经济内部收益率、经济净现值)，能源及原材料消耗定额是否符合国家标准。③财务评价：项目的盈利能力指标(财务内部收益率、财务净现值、投资回收期、投资利润率、投资利税率等)、清偿能力指标(贷款偿还期、资产负债率等)以及投资、成本及财务效益等。④利用外资项目除评价上述内容外，还应增加经济外汇效果评价指标(经济外汇净现值、经济换汇成本、经济节汇成本)、外汇平衡情况、外资利用投向和范围是否适宜、外资清偿能力、国外技术(设备)引进的消化、吸收情况。

评价结论，包括：提出项目立项、决策、实施、经营、财务评价、经济评价的结论意见，和对应解决问题的建议。

(陶树人)

meikuang jianshe zhaotoubiao

煤矿建设招投标　(bidding for coal mine construction)　通过建设单位的招标与承包单位的投标选定矿井设计、施工、设备供应单位的一种竞争机制。实行招投标的目的是使承包单位在平等的条件下通过技术、经济方案和管理经验的竞争，以先进的技术、合理的价格和良好的信誉得以中标。

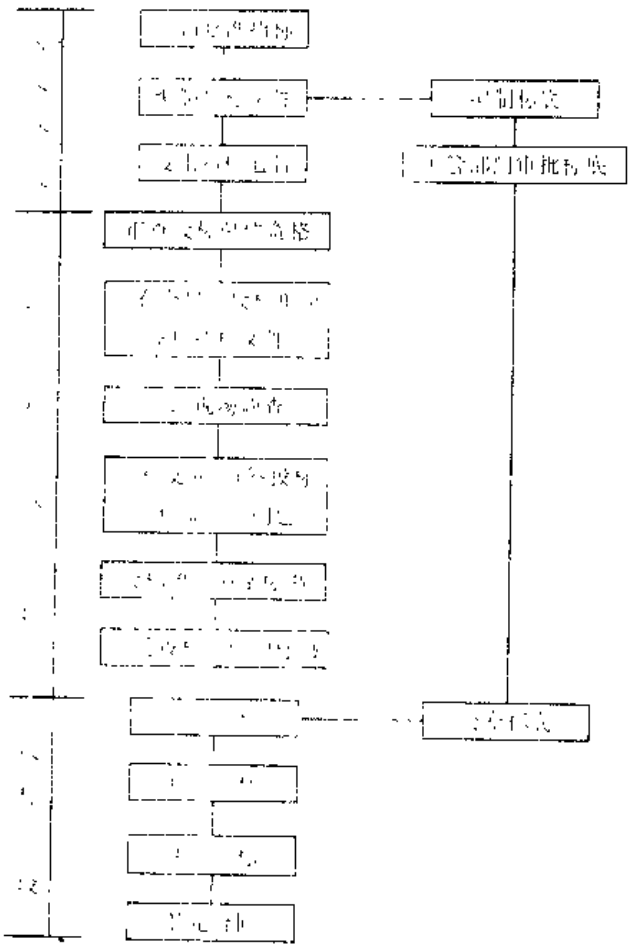
煤矿建设招标方式有公开招标、邀请招标、议标和国际招标等形式。公开招标是由招标单位通过公开的宣传媒介发布招标通告，具备条件的承包单位均可报名参加，使招标有较大的选择范围，有利于多家比选、开展竞争，但程序复杂、工作量大、招投标耗时较长。邀请招标是由招标单位根据工程项目情况，邀请三家以上的单位参加投标，由于被邀请单位是招标单位所熟悉的，了解其基本情况，可减少资格预审时间。议标是由招标单位邀请某一承包单位进行协商，如果协商不成可与另一承包单位再行议标，这种方式接触面窄，选择余地小，但被邀请单位一般信誉好、能力较强。国际招标类似于公开招标，但范围更广，允许外国公司参与竞争，世界银行贷款项目或国外贷款项目一般要求进行国际招标。

按招标内容划分，煤矿建设招标分为项目建设总承包招标，阶段招标和单项、单位工程招标。

项目建设总承包招标是从项目的可行性研究、勘察设计、施工、设备订货、职工培训直到竣工投产，全部工作由一个承包单位完成，要求承包公司拥有相应的实力、经验和技术水平。中国煤矿建设招标中尚未采用。阶段招标是把煤矿建设项目分为若干个阶段分别招标，一般矿井建设可分为可行性研究、勘察设计、施工、设备成套、职工培训等阶段，由于中国长期以来设计、施工、设备供应的企业处于分离状态，煤矿建设项目大部分采用这种方式，按阶段分别与承包单位签定合同，并负责协调设计、施工、设备供应等方面出现的矛盾。单项、单位工程招标是按井筒、车场、大巷及按专业技术特点分单项或单位工程招标，如立井井筒、注浆治水、选煤厂安装、专用线建设等专项招标承包，还有对专项设备进行招标。

煤矿建设招投标的一般程序如框图所示，分为准备、招标和决标三个阶段。

招标准备阶段首先由招标单位提出招标申请，根据建设项目的隶属关系请主管部门批准。然后由招标



煤矿建设招标的一般程序框图

单位或委托咨询机构编制招标文件、并编制标底和评标办法。招标文件应包括：①投标指南，介绍招标项目的概况、地理位置、气候条件、建设目的、资金来源等一般情况；②投标须知，即投标单位必须了解的问题和必须遵守的事项；③项目说明，包括工程主要内容，各项经济指标和技术指标、规范的要求；④合同条款，包括中标后双方签定合同的主要条款，双方的责、权、利和奖惩、仲裁等。

招标阶段由招标单位发出招标通告或邀请投标函，将招标工程名称、主要内容、资金来源、承包方式、投标单位资质要求、领取或购买招标文件的有关要求通知有关单位。

在报名结束后，由招标单位对投标单位资格进行审查，主要内容有企业等级、主要业绩、技术力量、装备情况、资金状况和同时承担项目的情况。确认投标单位在技术、经济、管理方面是否具备完成招标项目的能力。在资格审查基础上，招标单位组织合格的投标单位进行现场调查，解答招标文件中的问题，使投标单位进一步了解招标项目情况及合同条款的要求。

投标单位根据招标书及现场质疑的文字答复，结合本企业的技术、装备、资金、管理状况，确定投标策略，编制投标书。并按招标书规定的时间和地点，由招标单位负责接受投标单位的投标书，投标书必须密封保存，开标时当众启封。

决标阶段由招标单位在规定时间公开开标。开标的程序一般是：①宣布评委名单和评标办法；②公证部门验标，检验法人证书和投标保证金；③按顺序开启标书，公布各投标书的标价、工期及其他内容；④投标单位确认投标书；⑤公证部门确认投标书的有效性；⑥公布标底；⑦投标单位对其标书进行说明。

评标和决标由评标委员会负责。评标工作要坚持先进、公正、合理的原则，依据投标书的报价、工期和质量保证情况，以及投标技术方案的科学性、合理性、进行综合评判。评标结果由评委会写出报告，报上级主管部门审批。经批准后招标单位发出中标通知书，并确定签定合同的日期。中标单位在规定的时间内与招标单位签定承包合同。

参考书目

张检身、崔增祁、阎保昌、宋啸锐编，《煤矿建设招标与监理》，煤炭工业出版社，1991年。

（唐建光）

meikuang sheji guifan

煤矿设计规范 (coal mine design code)

对煤炭工业工程项目设计需要统一的质量要求、技术要求和标准所做的规定。是煤炭工业工程建设标准（含规范、规程）的组成部分。它对煤矿工程设计得以贯彻煤炭工业技术政策，促进技术进步，保障人体健康和人身、财产安全，保证工程质量，缩短建设工期和提高投资效益具有重要的作用。

设计规范种类的划分　有按照规范的级别划分、按照标准的法律属性划分、按照工程建设技术标准体系层次划分三种。

(1) 按照《中华人民共和国标准化法》的规定，煤矿设计规范分为国家标准和行业标准两类。

国家标准类设计规范：《煤炭工业矿井设计规范》(GB50215)、《露天煤矿工程设计规范》(GB50197)、《矿山电力设计规范》(GB50070) 和《钢筋混凝土筒仓设计规范》(GB50077)。

煤炭行业类设计规范：《煤炭工业矿区总体设计规范》(MT5006)、《煤炭工业选煤厂设计规范》(MT5007)、《煤炭工业矿区机修设施设计规范》(MT/T5008)、《煤炭工业采暖通风及供热设计规范》(MT/

T5013)、《煤炭工业给水排水设计规范》(MT/T5014)、《矿井通风安全装备标准》(MT/T5016)、《煤矿矿井立井井筒装备防腐蚀技术规范》(MT/T5017)、《矿井抽放瓦斯工程设计规范》(MT5018)、《煤矿井下热害防治设计规范》(MT5019)、《煤矿地面多绳摩擦式提升系统设计规范》(MT5021)、《洗煤厂建筑结构设计规范》(MT/T5022)、《煤炭工业半地下储仓设计规范》(MT/T5023)、《煤炭工业小型煤矿设计规范》、《煤炭工业环境保护设计规范》、《煤炭工业抗震设计规范》、《煤矿矿井斜井井筒及硐室设计规范》、《煤矿矿井立井井筒及硐室设计规范》、《煤矿矿井巷道断面及交岔点设计规范》、《煤矿矿井井底车场设计规范》、《煤矿矿井井底车场硐室设计规范》、《煤矿矿井采区车场和硐室设计规范》、《煤矿地面单绳缠绕式提升系统设计规范》、《矿井通风机房设计规范》、《煤矿井下排水设计规范》、《煤矿压缩空气站设计规范》、《煤矿地面窄轨铁路设计规范》(MTJ2)、《煤矿井下机车运输信号设计规范》、《煤矿井下供电设计规范》、《煤矿地面供配电设计规范》、《选煤厂集控装置装备标准》等,已发布10余项。

(2)按照标准的法律属性划分,《标准化法》规定国家标准和行业标准分为强制性标准和推荐性标准。保障人体健康,保障人身、财产安全的标准、法律、行政法规规定强制执行的标准,即有关安全、卫生、环境保护和重要的质量要求而制定的标准为强制性标准,其他标准是推荐性标准。国家标准中,强制性标准代号为GB,推荐性标准代号为GB/T。行业标准中,强制性标准代号为MT(MTJ),推荐性标准代号为MT/T。

(3)按照工程建设技术标准体系层次划分:有基础标准、通用标准和专业标准。

基础标准,在本行业标准体系内有共性的标准,做为其他标准的基础并普遍采用,具有广泛指导意义的标准。如《煤炭科技术语》、《选煤术语》、《采矿制图标准》(MTJ1)、《煤炭工业企业总平面设计制图标准》(MTJ4)。

通用标准,在本行业一定范围内通用的标准或从专用标准中有共性而提升上来的通用标准。如《煤炭工业矿区总体设计规范》、《煤炭工业矿井设计规范》、《露天煤矿工程设计规范》、《煤炭工业选煤厂设计规范》、《煤炭工业矿区机修设施设计规范》、《煤炭工业抗震设计规范》、《煤炭工业环境保护设计规范》和《煤炭工业工程设计节能技术规范》等。

专用标准,在本行业某个方面的单项标准,煤矿设计规范中多数是这类标准。如井巷工程的设计规范,提升、通风、排水和压缩空气方面的设计规范,井上、下供配电的设计规范,煤矿建筑物、构筑物的设计规范,煤矿采暖通风、给排水的设计规范,抽放瓦斯工程、井下热害防治的设计规范,通风安全装备的标准,选煤厂集控装备的标准,煤矿地面窄轨铁路的设计规范,井下机车运输信号的设计规范等。

规范适用范围 为了适应煤炭工业工程项目设计的需要,根据工程项目的内容、工程的复杂条件、不同的建设阶段,国家和煤炭工业部对煤矿设计发布了多种相应的技术标准(含规范、规程、规定),这些标准分别适用于煤炭工业新建(或改建及扩建)建设项目、单项工程、单位工程以及配套工程等多种专业的总体规划设计、初步设计、施工图设计,基本满足了煤炭工业工程建设设计的需要。

沿革 1951年燃料工业部发布了《矿井设计纲要》,在设计工作中执行,同时参照苏联1952年颁发的《煤矿工业矿井、露天矿、选煤厂、住宅及文化福利建筑设计主要技术方向及标准》。1956年5月,发布了《第一个五年计划期间煤矿矿井设计技术方向》。1962年制定《煤矿设计规范》,内容包括矿区总体、矿井、露天矿、选煤厂、机修厂、共用专业设计等六部分,但未正式发布。1978年12月,煤炭工业部批准发布了《煤炭工业设计规范》。1984年,为了适应设计改革的需要,发布了《关于煤矿设计规范若干条文修改的决定(试行)》。1978年至1988年,发布了若干单项专业设计规范(规定)。1992年9月,能源部批准发布了《煤炭工业小型煤矿设计规定》。1993年以后,国家技术监督局和建设部联合发布了《露天煤矿工程设计规范》和《煤炭工业矿井设计规范》两项强制性国家标准,煤炭工业部发布了《煤炭工业矿区总体设计规范》、《煤炭工业选煤厂设计规范》、《煤炭工业矿区机修设施设计规范》、《矿井抽放瓦斯工程设计规范》、《煤矿井下热害防治设计规范》等十几项适用于建设项目、单项工程和单位工程的强制性或推荐性的设计规范。这些国家标准和行业标准代替了1978年发布的《煤炭工业设计规范》、1984年发布的《关于煤矿设计规范若干条文修改的决定(试行)》和部分单项专业设计规范(规定),填补了部分工程设计规范的空白。并起草了《煤炭工程建设标准体系表》,做为制定煤炭工业工程建设标准的指导性文件。

根据《中华人民共和国标准化法》和建立社会主义市场经济体制的要求,要进一步把现行强制性规范中属于推荐性的规定区分开来,做为推荐性标准。随着国家间合作和国际间贸易的发展,煤矿设计规范将逐步向国际标准和国外先进标准靠拢,向国际上通行的技术法规与技术标准相结合的体制靠拢。

(鲍瑞超)

meikuang shigong guifan

煤矿施工规范 (coal mine construction code) 煤炭工业工程建设在施工方面统一规定的技术要求和标准。它是组织煤矿建设必须遵循的技术法规，是编制技术方案、规范施工工艺的依据，是对工程检查验收的标准，是控制建设投资、提高效益、加快工程建设速度、确保施工安全的指导性文件。

煤矿建设施工方面当前执行的国家标准有《矿山井巷工程施工及验收规范》(GBJ213—90)、《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GBJ86—85)、《建筑安装工程质量检验评定标准》，执行的行业标准有《煤矿井巷工程质量检验评定标准》和《煤矿安装工程质量检验评定标准》。其中：《矿山井巷工程施工及验收规范》由煤炭部负责编制。对井巷工程施工的施工准备、立井井筒普通法施工、立井井筒特殊法施工、立井井筒的延深和恢复、巷道施工、天井、溜井和硐室的施工、立井井筒装备、辅助工作和工业卫生等方面均做了规定，除适用于煤矿井巷施工外，同时还适用于黑色金属、有色金属、稀有金属和非金属矿山井巷工程的施工及验收；《锚杆喷射混凝土支护技术规范》由冶金工业部负责编制，对井巷工程施工的围岩分类、锚喷支护设计、光面爆破和预裂爆破、锚杆施工、喷射混凝土施工、安全技术与防尘、质量检查与工程验收等方面均做了规定，适用于矿山巷道、竖井、斜井、铁路隧道、道路隧道、无压或有压水工隧硐及各类硐室工程的锚杆喷射混凝土初期支护和后期支护；《建筑安装工程质量检验评定标准》由建设部负责编制，适用于工业与民用建筑工程和建筑设备安装工程；《煤矿井巷工程质量检验评定标准》和《煤矿安装工程质量检验评定标准》对各类工程的质量标准和检验评级办法均做出了规定，适用于煤矿新建、改建及扩建矿井井巷工程和机电安装工程的质量检查与验收。

煤炭系统自1964年开始组织编制了第一部《矿山井巷工程施工及验收规范》(GBJ3-64)，1979年在对原规范修改基础上，又颁布了新版本的井巷工程施工规范，同时颁布执行的部级标准有：《煤矿井巷工程施工质量标准及检验评级试行办法》和《煤矿机电安装工程质量标准及检验评级试行办法》。1990年对井巷工程施工规范又进行了第三次修订并以国标(GBJ213-90)颁布执行。

(张文琰)

meikuang xuyong dianleiguan

煤矿许用电雷管 (permitted electric detonator for coal mine) 经主管部门批准，允许在有瓦斯和(或)煤尘爆炸危险的煤矿井下使用的电雷管。

电雷管爆炸时产生高温高压气体，并将灼热的残渣和残片作用于周围瓦斯和煤尘，当爆炸火焰温度、持续时间和灼热粒子所释放的能量达到引爆瓦斯煤尘能量时，就会引起瓦斯煤尘爆炸。因此，应抑制雷管传爆药爆炸火焰和温度，减少灼热的飞散产物，使电雷管在规定检验条件下引爆率达到合格标准。

煤矿许用电雷管为达到防止引爆瓦斯煤尘的目的，采取的降低爆温和消焰措施有：①在雷管装药(传爆药)中加入适量的消焰剂，一般使用卤化物如氯化钾、冰晶石等。②降低雷管装药量。③雷管构成中的金属部分(管壳、内管、脚线)严禁使用与炸药爆炸产生高热反应的物质如铝等。④管壳和延期体管壁加厚。

电雷管瓦斯安全性试验 电雷管悬于测定容器中心，容器内甲烷浓度为9%，测定电雷管爆炸的瓦斯引爆率。各国测定容器的形状和容积不同，多数为圆筒，也有方筒和扁筒，称为爆炸箱。根据爆炸箱规格，各国规定不同的合格标准，如引爆率为0/30、不大于4/100和14/200(分母为试验次数，分子为引爆瓦斯次数)。中国试验用圆筒爆炸箱，规格为：ϕ560mm×1200mm(容积0.295m³)，合格标准为：引爆率不大于1/25。

(徐中禧)

meikuang xuyong zhayao

煤矿许用炸药 (premitted explosive for coal mine) 曾称煤矿炸药、安全炸药。经主管部门批准，允许在有瓦斯和(或)煤尘爆炸危险的煤矿井下工作面或工作地点使用的炸药。

煤矿许用炸药的基本要求：①必须含有"消焰剂"或能够生成消焰剂的物质，最常用的消焰剂有氯化钠、氯化钾、碳酸氢钠和碳酸钙等，其作用原理是降低炸药的爆炸温度或产生惰性物质，对瓦斯爆炸反应起阻化作用；②必须通过国家指定的产品质量监督检验机构，按照法定检验标准进行的巷道试验，并经国家批准。

巷道试验是模拟煤矿井下发生瓦斯、煤尘爆炸事故条件而设计的，试验方法有悬吊试验、发射臼炮试验、沟槽臼炮试验和狭缝试验等。其中以沟槽臼炮试验最为严格。波兰的试验臼炮比较特殊，炮孔两端贯通，中部一侧开口，和沟槽臼炮有些相仿，叫做slit mortar。英国的狭缝试验是一种完全不同于试验巷道的特殊装置，分作Ⅰ号、Ⅱ号、Ⅲ号3种。其中Ⅱ号试验装置和沟槽臼炮结构相仿，且最为严格。由于各国煤矿爆炸事故的威胁程度不同，试验巷道构造和巷道试验的

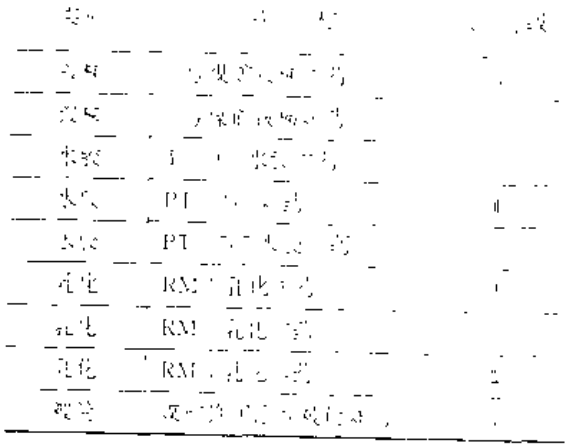
方法也不完全一样，尚无国际通用的试验标准。

世界上第一个原始的煤矿许用炸药，是 Trench 于 1887 年设计，并在英国得到应用。这种炸药含有大量结晶的盐类，能够降低炸药的爆温，使其获得了一定的安全性，但大大提高了炸药的吸湿能力。后来，根据热交换的原理，在炸药组成中加入某种热容量较高的盐类，成功地达到了降温消焰的作用。

中国煤矿许用炸药的主要品种见下表。使用最多的是 2 号煤矿铵梯炸药和 3 号煤矿铵梯炸药，前者含 15%氯化钠，后者含 20%氯化钠。煤炭工业部颁发行业标准 MT61—82《煤矿许用炸药沼气安全性等级及其检验方法》规定，中国煤矿许用炸药，按照瓦斯安全性的高低，分为 5 个等级：Ⅰ级，适用于低瓦斯矿井；Ⅱ级，适用于高瓦斯矿井；Ⅲ级，适用于有煤和瓦斯突然喷出的"双突"矿井，Ⅳ，Ⅴ级适用于某些特殊要求或更高安全度要求的如疏通溜煤眼的爆破作业。

欧美、日本等大多使用硝化甘油炸药，按照安全性的高低，一般都有高安全炸药、中安全炸药和低安全炸药。安全性愈高，威力愈低。就巷道试验的要求而言，以德国和比利时的安全性最高，美国的安全性最低。

中国煤矿许用炸药的主要品种



参考书目

《矿用炸药》，煤炭工业出版社，1978。

Gerge S, Ricethe explosibility of coal dust, Washington, 1910.

Brunswig Explosives, New York, 1912.

A. Marshall Explosives. vol. Ⅰ, London, 1917。

E. de Barry Barnett 著，李润田译，《火药学》，正中书局，1948。

T. 乌尔班斯基著，牛秉彝、陈绍先译，《火炸药的化学与工艺学》（Ⅱ），国防工业出版社，1976。

（秦太杰）

meitan changjuli guandao yunshu

煤炭长距离管道运输 （coal slurry pipeline long distance transportation） 用泵沿地下长管输送煤粉与输送介质混合体的煤炭运输方式。输送介质有气体（如二化碳、压缩空气、氨等）和液体（如水、油、甲醇等）。技术较成熟并付诸实用的是水为介质的煤浆长距离管道运输，按含水量大小分为中浓度煤浆和高浓度煤浆。

运输特点 ①输煤管道埋于冻土层之下，抗自然灾害能力强、占地少、投资省、建设快。②适应复杂地形的能力性强，管道可爬坡、走捷径，利用高差下坡输送节省电耗。③管道输送无污染，燃料无损耗。④运量大、运距远，经济效益好。

输送环节 煤炭长距离管道运输，包括原料煤加工和煤浆的制备、存贮、泵送、管输、终端等环节。

（1）原料煤加工。进厂原料煤先进行筛分、选矸、破碎，按用户要求亦可进行洗选。

（2）煤浆制备。中浓度煤浆常选用反击式破碎机（美国）破碎和棒磨机湿磨成浆。高浓度煤浆一般选用精煤制浆，湿法磨制，加入微量化学添加剂，使其具有良好的流动性和稳定性。中浓度煤浆和高浓度煤浆均属固液两相流浆体，物理特性见表 1。

（3）煤浆存贮。检测合格的成品浆存于制浆车间附

表 1 中浓度煤浆和高浓度煤浆物理特性

项目 \ 煤浆种类		中浓度煤浆	高浓度煤浆
重量浓度(%)		50～58	65～70
煤颗粒特征	最大粒度(mm)	<1.2	0.2～0.25
	平均粒度(mm)	0.3～0.35	0.05～0.06
	−200 目含量(%)		>70
	−325 目含量(%)	20	
煤质特性	挥发分(%)	不限	一般>30
	灰分(%)	要求不严格	一般<10
粘度(Pa·s)		0.025～0.065	0.5～1.1
添加剂用量(%)		0	0.5～2.0
沉降特性		沉淀浆体	稳定、不沉淀浆体
管中流速(m/s)		1.5～2.0	0.5～1.0
管中流态		紊流	层流
终端处理		脱水后燃用	贮存加温直接燃用

近的贮浆罐中，贮浆罐一般为钢结构或钢筋混凝土结构，带有保温、清洗装置。为防止沉淀，中浓度煤浆的贮浆罐内务要机械搅拌。

(4)煤浆泵送。煤浆管道输送一般采用双缸双作用活塞泵（美国）或三缸单作用活塞泵（前苏联），或选用其它活塞泵、隔膜泵、油隔离泥浆泵、水隔离渣浆泵等。泵压一般为8～10MPa，流量为250、500、1000m³/h。根据输送量大小可单台工作，或2台、3台泵并联运行。根据主输送泵的压力、管路走向地形剖面、煤浆管道水力坡降及下一个泵送站入口的余压来确定中间泵送站的位置及全部泵送站在干线管道上的配置。

(5) 煤浆管输。中浓度煤浆，最低工作流速取1.05～1.15倍不淤积的临界流速，流态为紊流。高浓度煤浆，为降低输送电耗，一般采用低流速（小于1m/s），流态为层流。根据管输每秒通过的煤浆量及工作流速确定钢管管径，按管道工作压力、钢管材质、磨蚀量及附加厚度计算钢管壁厚。长距离煤浆管道按变壁设计，即离主输送泵出口越近钢管壁越厚，离下一泵送站入口越近的钢管壁越薄。钢管材质一般选用可焊性好的碳素钢和低合金钢。干线管道要本着沿公路、靠铁路、近电源的原则选线，要避开城镇、厂矿、高山、河流、湖泊、沼泽、地震区、断裂带、滑坡带、盐碱地、文物保护区等障碍和难点并结合工程实际，确定最有利、工程量最小的干线管道走向。中浓度煤浆管道的施工安全坡度控制在16%以下，当管道停输时，沉降在管底的煤颗粒不致于沿管底下滑，发生堵塞。煤浆管道要有外防腐和保护措施。要埋设在地表自然冻结深度以下，上部覆盖层的厚度不小于1～1.4m。

(6)煤浆终端设施。置于终端用户工业场地内。中浓度煤浆管道终端设施包括煤浆存贮、脱水、干燥及燃烧系统；高浓度煤浆包括煤浆存贮、加热及直接燃烧系统。

发展与展望 美国于1957年、1970年相继建成俄亥俄（Ohio）和黑迈萨（Black Mesa）输煤管道，输送中浓度煤浆，煤的重量浓度为50%，煤浆到终端东湖（East Lake）电厂和莫哈夫（Mohave）电厂，用户经脱水后，送入锅炉燃用。20世纪70年代又有一种以煤代油的新型浆体燃料，可直接在锅炉中燃用，煤浆由70%的煤粉、30%的水、配以微量添加剂，按一定的粒度级配制成，称高浓度煤浆，简称水煤浆。1990年苏联建成了世界上第一条别洛沃（Белово）高浓度煤浆长距离管道。美、苏煤炭长距离运输管道的技术特征见表2。

中国煤炭资源、生产和建设的重点集中在西部和北部，因此，西煤东运、北煤南运的格局必将进一步加剧，使铁路运输一直处于能力饱和、负荷过重的紧张状况，另辟煤炭运输方式和途径势在必行。20世纪80年代初开始组织科研、设计、制造部门，探讨发展长距离管道运煤技术的可行性和经济合理性，取得初步成果。90年代初又把高浓度水煤浆制备、贮运及燃烧技术列为国家重点科技攻关项目，相继建成一批水煤浆制备厂、添加剂厂及燃用水煤浆工业锅炉、电站锅炉等工程项目，为发展煤炭长距离管道运输奠定了基础。山西省潞安至江苏省仪征、山西省盂县至山东省潍坊、陕西省神府至天津、陕西省彬县至武汉、贵州省六盘水至广州等多条长距离煤浆管道系统工程已进行了初步可行性研究。兴建这几条煤浆管道，对中国煤炭基地的生产发展，增加煤炭外运能力，保证京津、江苏、山东、湖北、广东等地区新建电厂和燃油电厂改造所需燃料有重要意义。

表2 美、苏煤炭长距离运输管道技术特征表

国名	管道名称	煤源	设计能力(Mt/a)	运距(km)	管径(mm)	浓度(%)	泵站数目	用户	装机容量(MW)	备注
美	俄亥俄	匹斯堡煤	1.35	174	273	50	3	东湖电厂	3×140－200	1957年投入 1963年停运
美	黑迈萨	黑迈萨煤	5.00	443	457	50	4	莫哈夫电厂	2×790	1970年投入
苏	别洛沃	齿斯卡娅煤	3.00	260	530	64	3	新西伯利亚第五热电厂	6×200	1990年投入试运行

参考书目

Solid-liquid Flow Slurry Pipeline Transportation. E. J. Wasp, 1997。

ТРАНСПОРТ ПРОВАН ЦЕВОДОМ ГО . ВНЫХ СУС ПЕНЗИЙ А. С. КОНДРАТЬЕВ, 1988。

（汪景武）

meitan gongye jiben jianshe chengxu

煤炭工业基本建设程序 (capital construction procedure of coal industry) 规定煤炭工业基本建设过程中各环节的工作内容及其顺序的指令性文件。包括地质勘探、项目建议书，可行性研究、矿区总体设计、单项工程设计、施工、竣工验收和项目后评价等的全过程，见图1。

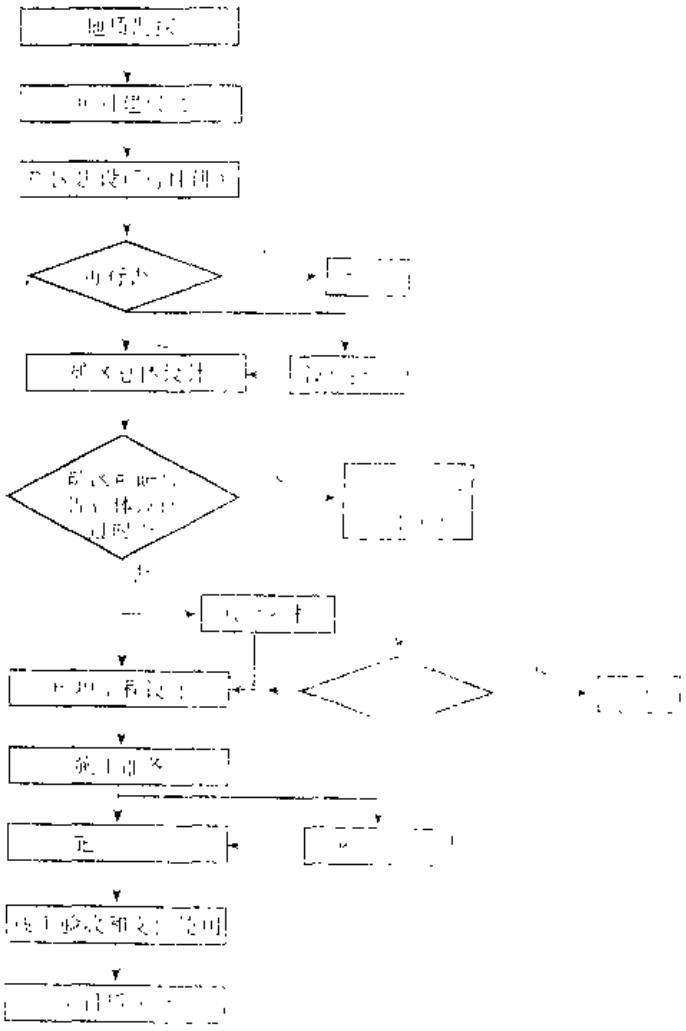


图1 煤炭工业基本建设程序框图

地质勘探。是煤炭工业基本建设程序的第一个阶段，通过各种勘探手段搞清矿区的范围、含煤情况、构造、水文情况、储量、煤质、瓦斯等级等。地质勘探成果也是确定项目建设地址、产品方案、建设规模、工艺设备选择等的主要依据。煤田地质勘探按找煤、普查、详查、精查四个阶段顺序进行，每个阶段都应提出相应的地质报告，报有关部门审批。找煤是普查的依据；批准的普查地质报告是长远规划和详查的依据；详查地质报告是矿区建设可行性研究、矿区总体设计和精查的依据；精查地质报告是矿井（露天矿）可行性研究和初步设计的依据。

项目建议书。对建设项目提出的轮廓设想，主要是从宏观上来考察项目建设的必要性，是否符合国家长远规划的方针和要求，初步分析项目的建设条件是否具备、是否值得投入人力物力作进一步的深入研究。项目建议书是选择建设项目的依据，项目建议书批准后即为立项；项目立项后，可以列入项目前期工作计划，开展可行性研究；涉及利用外资的项目，在批准立项后，方可对外开展工作。项目建议书的主要内容应包括：①建设项目提出的必要性和依据；②产品方案、拟建规模和建设地点的初步设想；③建设条件、协作关系和拟用技术可行性的初步分析；④投资估算和资金筹措设想；⑤项目进度安排；⑥经济效果和社会效益的初步估算，包括初步的财务评价和国民经济评价。有些行业、部门在提出项目建议书之前还增加了初步可行性研究工作，对拟建项目初步论证后，再编制项目建议书，并与项目建议书一并报批。

可行性研究。项目建议书被批准后对项目进行的可行性论证，对项目建设的必要性、可能性、与有关的社会、经济、环境等方面进行调查研究，对各种可能的建设方案、生产技术方案、进行技术、经济、社会分析和比较，对项目建成后的经济效益进行预测和评估，在此基础上选择技术上先进、实用和建成后产品有销路、市场上有竞争能力、经济上有效益的生产和建设方案，为投资决策提供科学的依据。凡可行性研究未被通过的项目，不得编制向上级报送的可行性研究报告和进行下一步工作。承担可行性研究的单位是经过资格审定的规划、设计和咨询单位，未经资格审定的单位不能承担可行性研究任务。根据国家有关部门决定，在可行性研究阶段引进竞争机制，实行可行性研究招标、投标。可行性研究报告完成后，由主管部门委托有资格的咨询机构进行项目评估，对可行性研究报告进行详细地审查，提出项目评估报告。新建矿区在矿区可行性研究报告批准后，矿区内新建矿井和其它单项工程一般不再进行可行性研究。当矿区建设可行性研究报告、矿区总体设计已失去指导意义时，矿区内单项工程仍应进行可行性研究，老矿区中新建单项工程的建设应进行单项工程可行性研究。建设项目可行性研究报告被批准后，即需进行项目实施组织、办理勘察设计和施工等进行委托手续，签订

相应的合同和协议，提供设计基础资料等。

矿区总体设计。是在矿区范围内，对矿区建设规模、矿田划分、矿山生产能力和建设顺序，辅助、附属设施的建设以及外部协作条件（包括煤的用途、用户、运输、供电、供水、通讯、城镇建设等）进行全面设计。以便有计划、有步骤、经济合理地开发整个矿区。矿区总体设计的编制依据是：矿区开发可行性研究报告；矿区详查地质报告（包括一、二个井田的精查地质报告）；水资源勘探资料或翔实可靠的水文资料；矿区建设环境影响评价书；矿区内或邻近相似矿区生产矿井、露天矿的主要技术资料；国家有关政策、法规、规程、规范。批准的矿区总体设计，是编制矿区开发建设计划、开展外部协作项目、各井田精查地质勘探以及矿井、露天矿、选煤厂、辅助、附属设施初步设计的依据。矿区建设总体设计批准后，编制矿区建设施工组织设计，并报送主管部门审批。

单项工程设计。是拟建单项工程的实施在技术上和经济上所进行的全面而详尽的安排，单项工程设计应按照矿区总体设计或单项工程可行性研究报告的内容进行设计。单项工程设计按项目大小和技术复杂程度分为两个或三个阶段进行。一般项目采用初步设计和施工图两阶段设计；技术上特别复杂的项目，可按初步设计、技术设计和施工图三阶段设计。矿井初步设计的目的，是在井田精查地质勘探和矿井可行性研究的基础上，通过计算和技术经济分析比较，进一步确定矿井设计生产能力、开发方式、开拓部署、采煤方法、工艺系统、主要设备选型、工业和民用建筑、地面总平面布置、劳动定员、建设总投资及主要技术经济指标等。初步设计文件要附有设备及主要材料清册、三材消耗和设计总概算。经批准的初步设计和总概算是确定单项工程总投资、安排基本建设年度计划和投资贷款、设备订货、土地征购的依据，也是编制施工组织设计的依据。技术设计的目的是具体地确定初步设计所采用的主要技术和进一步解决复杂技术问题。技术设计所应研究和决定的问题与初步设计基本相同，技术设计阶段应编制修正总概算书，技术设计的详细程度应能满足编制施工图和设备订货的要求。在单项工程初步设计或技术设计完成后，应编制单项工程施工组织设计，它是根据本工程的特点和施工单位的情况，在人力和物力、技术和组织、时间和空间做出的全面和合理的安排，是指导施工准备和组织施工全面的技术经济文件。没有批准的矿区建设施工组织设计和矿井施工组织设计，该项目不得列入年度计划，矿区不得进行实质性的准备工作，矿井不得招标、不准开工。施工图设计是根据批准的初步设计和技术设计，分单位工程绘制详细施工图纸。施工图设计应包括施工图及施工图预算，是建设单位进行招标和施工单位投标以及组织施工的依据。

施工准备。项目开工前准备工作包括：征地、拆迁和场地平整；完成施工用水、电、路等工程；组织设备、材料订货；准备必要的施工图纸；组织施工招标、择优选定施工单位等；施工准备工作就绪后，建设单位即可提出开工报告、报请有关部门审批。开工报告是建设单位对施工准备情况的一个总汇报，它包括：矿区总体设计或单项工程可行性研究和初步设计的批准文件；“三通一平”情况；满足年度计划要求的投资和物资落实情况；施工图设计文件和施工组织设计；由银行、财政等有关部门签发的建设资金落实文件和项目建成后流动资金来源证明文件；与施工单位或总承包单位签订的施工合同；其他准备情况。

施工。开工报告批准后，施工单位按照施工组织设计以及质量、进度和造价的要求合理组织施工。施工前要认真做好施工图纸与施工图预算的会审工作，明确质量要求。要严格按照图纸施工，如需变动，应取得原设计单位同意。严格按照设计要求和施工验收规范施工，确保工程质量，隐蔽工程要做好原始记录，对不符合质量要求的工程，要及时采取措施，不合格的工程不得交工。

开工建设时间 是建设项目设计文件中规定的任何一项永久工程第一次正式破土开始施工的日期。

建设单位应根据工程进展情况，及时地、有计划地做好接收生产的准备工作。生产准备工作的主要内容有：根据设计定员招收、调集企业人员，并按计划进行生产前的岗位培训；组织生产指挥管理机构，制订管理制度，配备生产人员等；国内设备、装置、设计资料的汇总，有关国外资料的翻译编辑，各种作业规程、操作规程的编审以及新技术的准备；组织生产物资供应，落实原材料、燃料、协作产品、水、电、汽和其他配合条件，签订有关协议；组织工具、器具、仪器、生产生活用具、备品、备件等的设计、制造、采购、加工、订货；制订具体的产品销售计划，进行销售市场的准备工作，包括广告、宣传、培训销售人员和推销人员及与运输部门签订协议。

竣工验收。是工程建设过程的最后环节，是全面考核基本建设成果、检验设计和工程质量的重要步骤，也是基本建设转入生产或使用的标志。通过竣工验收检验设计和工程质量，保证项目按设计要求的技术经济指标正常生产，建设单位对验收合格的项目可以及时移交固定资产、投入生产或交付使用。①竣工验收的范围和标准：所有建设项目按照批准的设计文件全部建

成，工业项目负荷试运转、试生产合格，国外引进成套设备项目和大型联合企业可安排试生产时间，一般不超过三个月（成套引进项目合同中有专门规定者除外）；非工业项目符合设计要求、能够正常使用。工程项目竣工验收、交付生产使用，应达到以下标准：生产性工程和辅助公用设施已按设计要求建成，能满足生产要求；主要工艺设备已安装配套，经联合负荷试运转合格，构成生产系统，形成生产能力；职工宿舍及其他必要的生产福利设施，能适应投产初期的需要。②申报竣工验收应做好以下工作：整理技术资料；绘制竣工图纸；编制竣工决算等。③竣工验收前，建设单位应认真做好准备工作，组织设计、施工单位进行初步验收，然后建设单位向国家验收委员会提出竣工验收报告，由国家验收委员会组织验收。验收委员会由政府主管部门、银行、物资、环保、安检、劳动、统计及其他部门组成，建设单位、接管单位、施工单位、勘察设计单位参加验收工作。竣工项目全部验收交接后，应迅速办理固定资产交付使用转帐手续，加强固定资产管理。

项目后评价。是项目建成投产后2至3年或达到设计生产能力时，将可行性研究阶段所作的预测、工程设计、进度安排、寿命期内项目投入产出的预测所作的经济分析，与项目投产后的实际情况以及对未来阶段重新预测的结果进行对比。从决策、实施、市场、技术、经营管理和经济角度，总结和评价项目全过程的经验和教训，为本项目的进一步改善经济效益提出措施和方案，也为类似项目的投资决策提供经验，是项目建设程序中最后一个阶段。

国外贷款项目建设程序 无论是国际金融机构贷款、政府贷款还是商业贷款，基本上都是以项目贷款的形式出现的，即根据项目情况确定贷款，而不是切块给地方或部门。按偿债责任不同分为：国家统借统还，即国家统一借外债，并承担还本付息；国家统借自还，即由国家统一借款，承担外债风险，但对内偿债责任完全由项目单位或部门、省市来承担；自借自还，即国家批准贷款额，地方或部门在国家批准的指标内，自行委托国家批准的十个对外筹资窗口中的任何一个窗口进行筹资，国家不承担外债风险，完全由项目或部门、省市自行承担，对外的风险由对外筹资窗口承担。立项的程序与国内投资项目基本相同，不同的是每个阶段要求不同。例如，项目建议书阶段，除建设规模、产品方案、外部协作配套条件、投资估算、资金筹措、经济分析等要求外，还要根据借用外资的特点，论证引进的必要性和主要技术、设备及外资筹措的方式（统借统还、统借自还、自借自还）、偿还能力、偿债责任，如产品以产顶进或出口产品，还应包括国内外市场情况（如产品返销）及外商的初步承诺等。在可行性研究阶段，除对项目建议书阶段提出的问题作肯定结论外，还要包括对外开展工作的情况：外商技术、商务、金融条件、外资落实情况、提出需要引进的技术和设备若干个厂商，做到“货比三家”。这些要求在办理建设项目可行性研究报告的审批手续时，一并办理，不另单报。但下述情况需单报：①在审批固定资产投资项目时，利用外资问题尚不能作出结论，为不影响项目的审批，则按利用外资的内容要求另报外资方案，外资方案未经批准不得对外签约。②原批准的项目建议书和可行性研究报告未考虑利用外资，后因故部分改用外资，则需按项目建议书、可行性研究报告的审批程序另行报批。③立项时批准利用外资，后因基本情况发生重大变化则要另报方案审批。外资项目分限额以上、限额以下两档，负责审批的主管部门也不同。利用国外贷款限上项目基本流程如下页图2。

中国基本建设程序的发展历程 1952年1月政务院财政经济委员会颁发了《基本建设工作暂行办法》，规定基本建设程序大致分为计划任务书、初步设计、组织施工、竣工验收几个阶段。1956年5月国务院颁发了《关于加强设计工作的决定》，提出设计工作是基本建设的重要环节，加强设计工作是保证基本建设多快好省的重要措施。1958年大跃进时期基本建设程序被忽视，建设过程中的正常秩序被打乱，造成很大的浪费。1961年至1965年国民经济调整时期重新强调所有的基本建设必须按照基本建设程序办事，列入国家基本建设年度计划的建设项目，必须具备经批准的设计任务书，并对设计任务书的基本内容及审批权限作了规定。“文化大革命”时期，基本建设程序又一次遭更大的否定和冲击。“文化大革命”后，1978年4月国家计委、国家建委、财政部联合颁发了《关于基本建设程序若干规定》，规定一个建设项目从计划到建成投产一般要经过以下阶段：编制计划任务书；选定建设地点；经批准后，进行勘探设计；初步设计批准后，列入国家年度计划，组织施工；工程按照设计内容建成，进行验收，交付生产使用等阶段。1979年，国家计委、国家建委《关于做好基本建设前期工作的通知》中，又决定建立建设项目开工报告制度。1981年国务院规定利用外资、引进技术项目要编报项目建议书和可行性研究报告，并规定了项目建议书和可行性研究报告的具体内容。1983年国家计委《关于建设项目进行可行性研究的试行管理办法》中规定，国内项目也试行项目建议书和可行性研究报告。1984年，确定所有项目都实行项目建议书和设计任务书两段审批制度，利用外资、引进技术项目以可行性研究报告代替设计任务书。

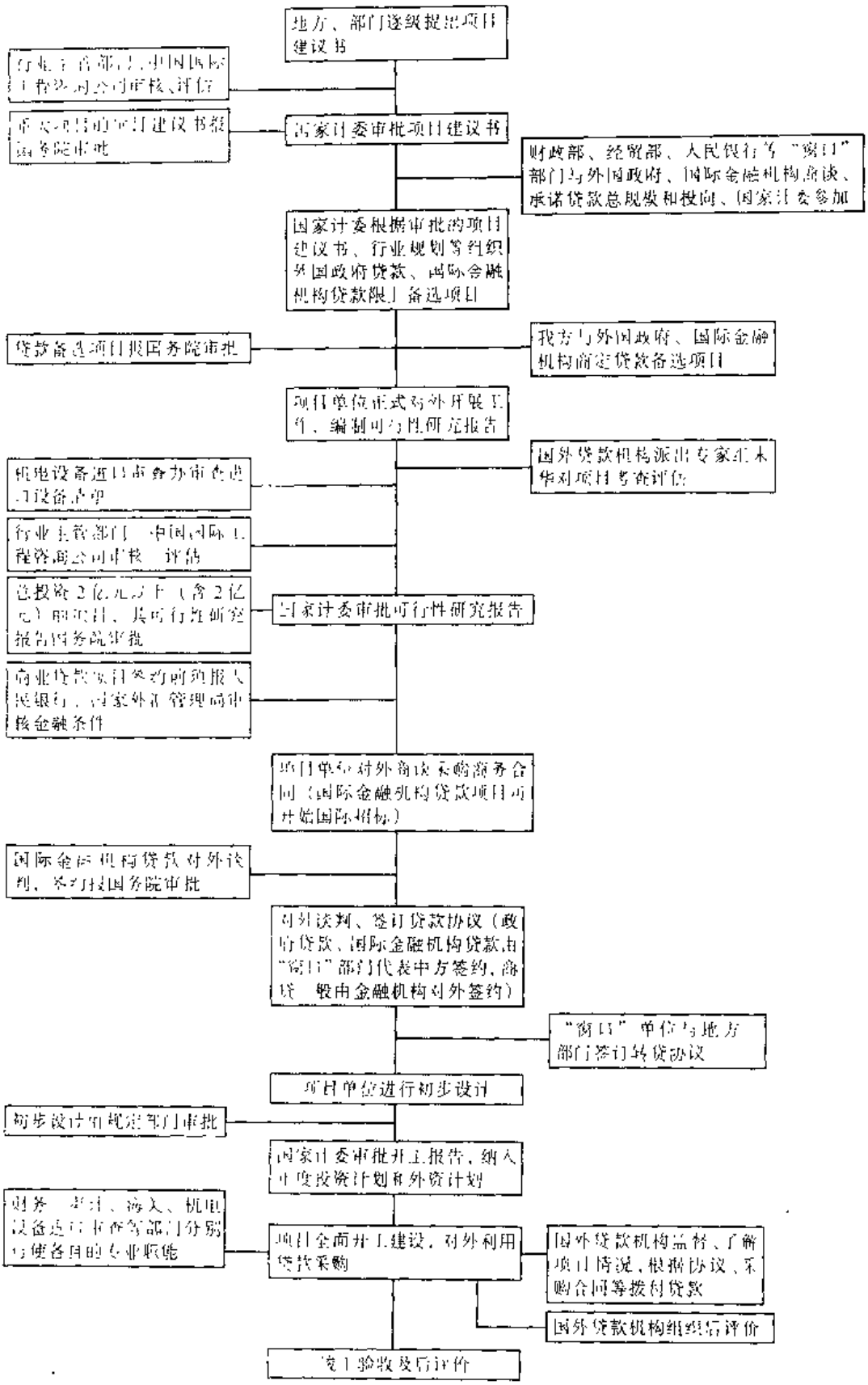


图2　利用国外贷款限上项目基本流程图

1991年，国家计委又明确将国内投资项目的设计任务书和利用外资项目的可行性研究报告统一称为可行性研究报告，取消设计任务书的名称。同年国家计委还下达了1991年国家重点建设项目后评价的工作计划，进行项目后评价试点。

国外建设项目按照联合国工业发展组织出版的《工业可行性研究编制手册》的提法，国外项目建设程序分为投资前时期和投资时期（即项目实施时期）。投资前时期亦称决策时期，被认为是项目成败的关键，给予特别重视。投资前时期可分为机会研究阶段、初步可行性研究阶段、可行性研究阶段和对可行性研究报告的评估。机会研究的任务是确定可能的投资方向或投资机会，在我国通常由地区规划、部门规划、行业规划来完成。初步可行性研究大体上与我国项目建议书前所进行的方案设计（有的部门已编制初步可行性研究报告）的内容相当。可行性研究阶段与中国可行性研究相当，但国外对可行性研究要求的深度比我国的要求高，投资、成本的估算误差在±10%以内，设备的价格根据向厂商询价和厂商报价确定，对可行性研究报告的评估阶段、与我国对可行性研究报告审批前委托咨询公司所做的项目评估报告相当。投资时期与我国设计、施工准备、施工、竣工验收交付使用、项目后评价相当。

参考书目

1. 陈光健主编，《中国建设项目管理实用大全》，经济管理出版社，1991。

2. 煤炭工业部颁发，《煤炭工业技术政策》，煤炭工业出版社，1987。

3. 联合国工业发展组织，建设部标准定额研究所译，《工业可行性研究编制手册（最新修订及增补版）》，化学工业出版社出版，1992。

4. 世界银行项目管理编写组，《世界银行项目管理》，中国财政经济出版社，1983年9月。

（陶树人　刘成铨）

meitan gongye j ben jianshe guanli

煤炭工业基本建设管理 （capital construction management of coal industry） 对煤炭工业新增固定资产的建设工程及与之相关的工作进行预测、决策、规划、指挥、控制、协调、监督与调节的行为活动。既有国民经济宏观管理上的政府行为，又有建设项目微观管理上的企业行为。其手段既受法律法规、行政命令、技术标准规范和技术政策的约束，又被合同契约及经证实的行之有效的企业内部管理制度和办法所管制。

煤炭工业基本建设管理的政府行为主要指：①根据国家宏观经济政策，预测煤炭工业基本建设的发展趋势并制定煤炭工业发展中长期规划；②制定煤炭工业基本建设的管理方针及有关的经济、技术政策，确定煤炭工业基本建设管理体制；③规划煤炭工业基本建设的规模、方向，安排煤炭开发重点布局、矿区规模、建设速度；④根据国家及各种投资来源，制定年度基本建设计划，从总体上控制与安排投资分配；⑤制定发布管理工程概预算定额、设计施工规范及有关质量标准；⑥核批项目建议书、可行性研究报告、总体设计、初步设计、施工组织设计；⑦组织建设项目的勘察、设计、施工及其招投标管理；⑧管理国家重点建设项目，确保其资金、设备、材料的安排与供应，并协调基本建设项目实施过程中出现的各种矛盾与问题；⑨监督与认证工程质量等级，验收即将投产移交的建设项目；⑩管理设计、施工、总承包、监理等企业的资质；⑪进行煤炭基本建设技术政策管理。

煤炭工业基本建设管理的企业行为主要指：①煤炭工业建设单位（业主）的建设项目管理包括进行煤田的地质勘探，提出项目建议书，提出可行性研究报告（预可行性研究报告），安排总体设计及单项设计工作，进行项目的水电来源、公路、铁路、通信、土地征购、物资来源等准备工作，协调与所在地政府关系、工农关系，完成必需的临时生产生活及工程设施，招标选择施工队伍及主要关键设备等，控制项目进展中的工期、质量及造价等及最后组织移交验收；②煤炭工业设计单位的建设管理，包括通用设计与标准设计的管理、专业人员与设计人员的技术责任制、设计组织形式、项目负责人的管理与设计质量管理以及施工现场设计代表与设计回访的管理；③煤炭工业施工单位的建设管理，包括施工计划管理、施工组织管理、施工单位质量体系的建立、施工技术与安全管理、施工设备与物资供应的管理、劳动工资管理、成本管理。

煤炭工业基本建设管理曾有过以下几种形式：①工程建设指挥部统一指挥地质、设计、施工单位进行会战的形式；②甲乙方承发包形式；③建设单位自行建设形式，或由建设单位委托监理单位，由监理单位组织建设的形式。

1949年中华人民共和国建立之后，煤炭工业基本建设管理在模式、内容、手段等方面不断得到发展与补充，并随着中国国民经济的总形势逐渐得到调整与改革，在各个不同的历史阶段中呈现出不同的时代特征。

1. 1950～1957年

1950年后，煤炭工业在“全面恢复，重点建设”的方针指导下，对原有企业进行了民主改革及技术改造，迅速提高了煤炭产量。三年后，又执行了“把基本建设

放在首位”和“大规模进行新矿井和选煤厂的建设，继续进行原有矿井的改造和扩建，充分发挥原有矿井的潜力”的方针全国煤炭产量由1952年的6649万吨增长到1957年的1.3亿吨，同时培养壮大了一支基本建设队伍，贯彻执行了大、中、小型矿井兼顾开发的方针。

这期间，工业逐步建立了各项行之有效的规章制度，如地质勘探规程、设计规范、基本建设程序、施工组织设计的编制及管理办法、施工企业计划与财务核算等管理办法等，还制定了施工定额、设计概算、预算的编制和管理办法，及凿井设备和设施的定型标准设计等，初步完善了煤炭工业基建管理体系。

2. 1958～1965年

“二五”(1958～1962年)期间，没有坚持基建程序、规章制度，给建设管理带来一些混乱。

调整期时期(1963～1965年)，又认真加强了管理工作，审查修定了基本建设各项有关规章制度并重新颁发执行，使地质、设计、施工各项工作逐步恢复正常秩序。特别是从1963年开始推行以质量标准化为中心内容的科学管理和技术练兵，使地质、设计、施工质量和工作质量都有显著提高和改进。

3. 1966～1976年

由于“文化大革命”的干扰，在煤炭工业基建管理上普遍存在施工无计划、概算无指标、劳动无定额、质量无标准的情况，许多资源不清的项目也盲目开工，施工进度、劳动效率越来越低，造价越来越高，质量事故层出不穷。

4. 80年代前期

经过了调整、整顿，重新按基本建设程序办事；修定颁发了煤炭工业技术政策、煤炭工业设计规范和井巷施工验收规范；颁发了加强施工前准备工作和编制施工组织设计的通知；修定了矿建预算定额，1982年成立了煤炭工业基本建设定额站，负责煤炭基本建设定额的修定与管理；编制了“矿山井巷工程预算定额”和“矿山井巷工程辅助费预算定额”，修编了“矿山井巷工程概算指标”及“矿山井巷工程辅助费概算指标”；开展了质量管理小组活动；广泛开展掘进等级队和建筑安装上纲要队的劳动竞赛；对新建矿区进行了调查研究；对盲目扩大规模和资源不清的矿井进行停缓建处理，各项基建管理工作逐步走向正规。

5. 80年代中后期

在不断正规化的基础上，又随国家管理体制的调整不断地注入新的内容与含义。实行政府对工程质量的监督制度，成立了各级质量监督站；在煤炭基建上推行招投标制，使建设(勘察、设计、施工)企业逐步走向市场；推行项目法施工、项目总承包制、对项目实行建设监理制度。

在投资体制上，由“拨改贷”发展到“业主责任制”，由政府直接贷款到成立国家投资公司，发展到由国家开发银行发放政策性贷款、由商业银行进行商业贷款、同时引进外资的局面。

随着社会主义市场经济的逐步建立与不断完善和政府职能的不断转变，煤炭工业基本建设的管理内容不断转变，政府的职能主要表现在制定方针政策、规划布局、资质管理、规范标准定额以及质量监督上，逐步把建设项目的决策权归还业主，招投标制的普遍推行也使建设管理逐步向国际标准靠拢。

(路耀华　王玉清)

meitan gongye jiben jianshe xiangmu

煤炭工业基本建设项目 (capital construction project of coal industry)　又称投资项目、工程项目，简称项目。在一个总体设计或初步设计范围内，由若干个有内在联系的、建成后能独立发挥效能的单项工程组成的总体。建设项目具有以形成固定资产为明确目标、遵循必要的建设程序、且一次性建成的特点。

煤炭工业基本建设项目通常表现为矿区、联合企业(如煤炭化工联营公司)、事业单位(如大专院校、地质勘探公司)或独立工程(如煤机厂)等。同一个总体设计范围内的主体工程和相应的辅助附属配套工程(综合利用工程、环保工程、供水、供电工程等)只算作一个建设项目。

基本建设项目是编制基本建设计划的基础。在一定时期内，国民经济各部门或各地区建设项目的数量和规模以及开工、在建、投产项目的数量和规模，都直接关系到国家基本建设的规模、投资结构和投资效益，直接影响到整个国民经济的发展速度及经济结构、产业结构的构成与变化。

现行管理体制对煤炭工业基本建设项目有不同的分类。①按建设性质划分：新建项目、改扩建项目、更新改造项目、恢复项目、迁建项目。②按建设规模划分：按生产能力大小分为大、中、小型项目，或者根据建设投资额的多少分为限额以上项目和限额以下项目，全部投资数等于或大于规定限额者为限额以上建设项目，小于限额者为限额以下项目。③按建设阶段划分：预备项目、施工准备项目、开工项目、续建项目、投产项目、收尾项目、竣工项目。④按管理体制划分：部直属项目、部直供项目、地方项目。部直属项目是指由国务院各部、委、局、总公司直接领导和管理的项目；部直供项目是指由有关部(委)与地方政府有关部门共同

协商后，由有关部（委）下达建设计划并安排解决统配物资供应的建设项目；地方项目是指各省、市、自治区、县所管理的项目。⑤按重要程度划分为重点建设项目和一般建设项目。

新建项目　指从头开始兴建的建设项目。根据中国当前规定，对原有企业、事业单位进行扩建，其新增固定资产价值超过原有固定资产原值三倍以上的建设项目视同新建项目。新建项目是实现增加煤炭产量的重要途径。

改扩建项目　中国的管理和计划统计制度常把改建和扩建项目统称为改扩建项目。在原有企业基础上扩大生产能力或者为增加新的产品而增建的分厂、车间、采区以及行政事业单位增建业务用房、办公设备等的建设项目称扩建项目；改建项目是指在现有煤炭企业、行政事业单位原有生产、生活设施基础上进行技术改造或更新或增建相应配套设施的项目。

改扩建项目是扩大煤炭再生产的一种形式，和新建项目比应该投资少、建设期短、见效快，但对资源量一定的矿区建设要根据不同时期的具体情况，正确处理改扩建与新建工程项目的关系，安排好它们之间合理的比例关系。

更新改造项目　与改扩建项目没有实质区别，仅在于管理体制与资金渠道不同，来源于更新改造资金并列入更新改造计划的称更新改造项目，随着资金渠道多元化及投资体制改革的深化，两者将趋同。

恢复项目　又称重建项目，是由于自然灾害、战争和人为灾害使原企业、行政事业单位部分或全部报废，又投资重新建设的项目。对尚未建成而遭破坏重新建设的项目仍属于原建设性质，不应作为恢复项目。

迁建项目　原有企业、事业单位，由于各种原因经上级批准搬迁到另地建设的项目。迁建项目中符合新建、扩建、改建条件的，应分别作为新建、扩建或改建项目。迁建项目不包括留在原址的部分。

大中型建设项目　对生产单一产品的项目，一般以产品的设计生产能力划分；生产多种产品的企业，按其主要产品的设计生产能力划分；难以按产品设计能力划分的按投资额划分。中国煤炭工业的大中小型建设项目划分标准如下表。

大中小型建设项目划分标准表

项目类型及建设规模	大型	中型	小型
煤炭矿区	年产[illegible]煤炭	[illegible]	[illegible]200
独立生产矿井	年产[illegible]煤炭	[illegible]	[illegible]30
其它煤炭企业建设项目（总）	≥200	200	<100

在基建管理中，常将大型与中型建设项目（不分工业与非工业项目）合并计算，统称“大中型项目”。

预备项目　按照中长期建设计划拟建而目前尚未立项的建设项目，只作初步可行性研究或提出设想方案供决策参考，不进行建设的实际准备工作。

施工准备项目　又称前期工作项目、筹建项目。经批准立项，正在进行建设前期准备工作而尚未正式开始施工的项目。在项目开工前按照国家有关规定由项目筹建机构研究和论证建设方案、组织审查设计文件、办理征地拆迁、平整场地、预订材料设备、招投标选择施工单位等。

开工项目　准备工作就绪、符合开工条件、工程开工报告经批准、当年开始建设的项目，包括新建与改扩建项目。

续建项目　过去年度已正式开工建设并在本年度继续进行施工的建设项目。开工项目和续建项目又统称施工项目或在建项目。

投产项目　按设计规定要求，在本年度内建成主体工程和相应配套的辅助设施、形成能力或发挥工程效益、验收合格正式投入生产（非工业项目交付使用）的建设项目。包括全部投产项目、部分投产项目和建成投产的单项工程，例如矿区、机修厂、分期建设的矿井等。

收尾项目　基本建设项目或单项工程部分建成投产后为完全达到设计要求继续施工建设的项目，如分期建设的投产矿井。

竣工项目　按设计规定的生产性和非生产性工程项目全部建成、经正式验收移交生产或使用的项目。竣工项目与建成投产项目的区别在于投产项目只要求按设计规定的矿井、车间及其相应辅助设施建成交付生产和使用，竣工项目要求生产性和非生产性工程全部建成。

重点建设项目　又称重点工程。对国民经济的发展或政治上有着重要意义的项目，国家对重点项目在资金、设备、材料、施工力量等方面都作重点安排、优先供应，保证重点项目顺利建成，这是中国安排基本建设的重要指导方针。

单项工程与单位工程　一个基本建设项目可以由一个或多个单项工程组成。单项工程是具有独立的设计文件、建成后能独立发挥生产能力或效益的工程，如矿区内的矿井、选煤厂、煤矿机械制造厂的独立生产车间、输电线路、矿区铁路专用线、通讯线路以及非工业项目中能独立发挥效益的办公楼、矿区医院、中心生活区等工程。

一个单项工程又由一个或多个单位工程组成。单

位工程具有独立编制的施工图和施工图预算，可以独立组织施工，但一般不能独立发挥生产能力和效益。单位工程可以按建安工程类别、工程用途、投资用途等进行不同的分类，例如煤矿建设中矿井是一个单项工程，主井井筒是属于井巷工程类别、用于开拓的生产性单位工程；井下绞车设备安装是属于机电安装工程井下设备类别的生产性单位工程；副井金属井架是土建工程金属结构类别的生产性单位工程；环境检测站是土建工程房屋类用于环保的非生产性单位工程。

参考书目

陈光健主编，《中国建设项目管理实用大全》，经济管理出版社，1993。

（缪国良　刘成铨）

meitan gongye jianshe qiye zizhi guanli

煤炭工业建设企业资质管理　(qualification management of coal enterprise)　对煤炭工业建设企业的人员素质、管理水平、资金数量、承包能力和建设业绩进行综合审定与控制。资质等级由政府建设主管部门组织审定，每年根据实际业绩进行复审，确定建设企业资质等级的升降。建设企业按确定的资质等级，从事与资质等级相符的工程建设。政府建设主管部门通过资质管理，对煤炭工业建筑市场实行宏观调控。

煤炭工业建设施工企业资质　分为矿井建设、设备安装、矿井特凿三类，各类又分别分级。

一、矿井建设类施工企业

1. 一级企业可承包各类型的井下及地面配套工程的施工；矿建企业只能承包各类矿井井下工程施工。

2. 二级企业可承包 90 万吨（含 90 万吨）以下各类井型的井下及地面配套工程的施工；矿建企业只能承包 90 万吨（含 90 万吨）以下矿井井下工程施工。

3. 三级企业可承包 60 万吨（含 60 万吨）以下矿井及地面配套工程的施工；矿建企业只能承包 60 万吨（含 60 万吨）以下矿井井下工程施工。

二、设备安装类企业

1. 一级企业可承包各类型矿井、洗煤厂、机厂等设备及电器的安装工程。

2. 二级企业可承包 90 万吨（含 90 万吨）以下矿井、洗煤厂和中型机厂等机电安装工程。

3. 三级企业可承包小型矿井、洗煤厂、机厂的安装工程。

三、矿井特凿类企业

1. 一级企业可承包各类矿井的特凿工程。

2. 二级企业可承包大中型矿井特凿工程，不能承包特大型矿井的特凿工程。

煤炭工业建设设计单位资质　分为甲、乙、丙、丁四级。

1. 甲级单位可以承担煤炭工业及其配套工程的可行性研究和设计任务，其范围、规模和地区不受限制。

2. 乙级单位可以承担中型矿区、90 万吨及以下的矿井（选煤厂、露天矿）、中型矿区配套工程及投资额为中型及以下的其它工程的可行性研究和设计。

3. 丙级单位可以承担本省小型工程、30 万吨及以下的矿井、小型矿区的配套工程及投资额为小型的其它工程的设计。

4. 丁级单位可以承担本单位或县级及以下单位的另星工程的设计、本单位的矿井开拓延深、小型技术改造和小型改扩建工程的设计。

工程勘察单位资质　分为工程地质勘察、岩土工程、水文地质勘察、工程测量等四个专业，等级各分甲、乙、丙、丁四级，等级标准执行全国各行业统一分级标准（岩土工程只限于甲、乙两级，其中乙级仅限于县级和企业内部设置），承担任务范围依据建设部统一规定执行。

煤炭工业建设企业资质审批　一级矿井建设类施工企业由国家建设主管部门审批，二、三、四级由政府行业建设主管部门审批；设计勘察企业甲、乙级由企业工程勘察设计资格审定委员会审批，丙、丁级由行业建设主管部门审批。施工企业资质审定四年后，设计勘察企业资质审定三年后，根据取得业绩可以申请晋升资质等级。新开办的建设企业可以申办暂定级，两年内不发生质量事故，可以转为正式等级。

截至 1993 年底，煤炭工业建设企业中，施工企业获得煤炭行业资质证书的企业共有 165 个，其中一级 72 个、二级 61 个、三级 23 个、四级 9 个，还有 30 个施工企业在地方获得相应的资质；设计单位获得煤炭行业资质证书的单位有 136 个，其中甲级 18 个、乙级 13 个、丙级 54 个、丁级 51 个；由建设部批准的建筑设计甲级单位 4 个、乙级 15 个；煤炭行业工程勘察资质单位共 94 个，其中甲级 10 个、乙级 25 个，丙级 37 个，丁级 22 个。

（唐建光）

meitan qiye gongcheng kangzhen

煤炭企业工程抗震　(earthquake resistant engineering of coal enterprise)　对工程设施采取措施，使位于地震区的煤炭企业具有整体抗震能力，达到防震减灾的综合性技术。

地震指地面震动的现象，严重时，会造成人员大量伤亡、企业瘫痪。随着工矿企业的大型化、集中化，各国越来越重视抗震减灾的研究，1964年日本根据地震对工矿企业造成灾害的调查，提出了石油企业和工业抗震理论和方法。1976年，唐山地震后，中国根据开滦矿区震灾破坏的特点和经验，制定了《煤炭工业抗震设计规定》。

煤矿震灾特点 1976年中国唐山发生7.8级地震，开滦矿区遭到严重破坏，震亡职工6579人，重伤2153人。约300万m^2的建筑物和构筑物遭破坏、倒塌及严重破坏的占69%。地下工程中，18个井筒遭到破坏，占矿区井筒总数的60%。地面设备震灾损坏率为62.2%。经震后调查，煤炭企业震灾破坏的基本规律和特点是：①地面建（构）筑物中，钢结构构筑物无倒塌和严重破坏，仅为局部和整体变形，部分构件屈曲或连接件破坏，抗震性能最好。钢筋混凝土结构少数倒塌，多数为严重破坏或中等破坏，抗震性能较好。砖砌结构破坏严重，倒塌和严重破坏率达60%～93%。这表明在同样烈度区内，建筑结构类型、主要承载结构材料、荷载条件、场地因素等与震灾轻重有着密切关系。②原核定烈度建筑物可不作抗震设防，实际遭受9～11地震烈度的地震影响，一些建筑物只裂不倒或轻微破坏，表明各类建筑物中存在着不同的抗震潜力。③地下工程中，井筒破坏严重，井底车场及巷道较轻，遭受破坏的井筒多数位于不良地层，破坏部位常在地表以下50m范围内，破坏形态有环向裂缝、竖向裂缝，并有中心错位，最大中心错距达200～300mm。井下工程多在马头门、交岔点、变断面处出现裂缝，并出现底鼓或局部冒落。在过断层、松软岩层处或施工质量不良区段，也易发生拱顶裂缝、冒顶底鼓等现象。震灾表明，围岩条件好，震害轻；围岩条件，差震害重。锚喷支护抗震性能好，砌碹抗震性能差，金属支架变形大、易修复，预制钢筋混凝土支架破坏较重。这对确定重要硐室的位置，选择支架结构和材料提供了重要资料。④矿区地面设备震灾破坏形式多为建筑物倒塌砸坏，少数为固定不牢倾倒损坏。⑤次生灾害严重，主要为矿井涌水量增大，使井下设备、工程设施长期被淹损坏，增加了震后恢复生产的复杂性。⑥标准轨和窄轨铁路呈水平与竖向扭曲变形，轨枕与轨道连接处破坏，路堤或路堑坍塌。供电线路杆塔歪斜、倾倒，导线脱落。设于地面以下不稳定土层的管网、地道、沟渠震害较重，稳定土层震害较轻。

为了吸取开滦矿区遭受震灾破坏严重的经验教训，根据国标GBJ11－89《建筑抗震设计规范》和GB50223—95《建筑抗震设防分类》，煤炭部拟定了《煤炭工业建筑物与构筑物抗震设防分类标准》征求意见稿，稿中对乙类生命线工程建筑的抗震内容及标准作了具体规定。根据煤炭生产特点，并借鉴其它工业抗震经验，又制定了煤炭企业抗震目标，确定了新建和原有煤炭企业抗震设计原则和内容。

煤炭企业生命线工程 中国颁发了GB－50223－95《建筑抗震设防分类标准》，煤炭工业部结合煤炭企业生产特点，正拟定煤炭企业生命线工程。当遭遇相当设计烈度地震影响时，生命线工程不严重破坏，生产不中断，保证人身生命安全，并在抗震救灾和恢复矿井生产中发挥重要作用。

煤炭企业生命线工程是指设计生产能力为0.9Mt/a及以上的矿井中，涉及煤矿矿井生产及工人人身安全的六大系统的建筑及矿区救灾系统建筑。六大系统包括提升系统、通风系统、供电系统、井下排水系统、地面供水系统和通信系统。矿区救灾系统建筑有消防队用房和消防车库；矿山救护队用房及其车库、日用消防水泵房、地面消防水池；矿区中心医院、设计能力为100床位及以上和根据具体情况需要承担救灾应急任务的矿井医院的门诊部、住院部和医疗建筑。

生命线工程设计时，按本地区设防烈度计算地震作用。当设防烈度为6～8度时，抗震措施可提高1度设计，当为9度时，一般不提高。建筑物及构筑物尽量布置在场地内对抗震有利的地段，避开危险地段。结构类型宜选用抗震性能好的钢结构和钢筋混凝土结构，单层或双层砌体建筑物其跨度和高度应符合抗震设计规定。井筒位置应尽量选在基岩稳定、表土层薄、工程地质条件好的地段，必须避开危险地段。当设防烈度为8～9度时，处于表土段的新建立井井筒，在地表以下20m内，必须采用钢筋混凝土结构。当表土段在地表以下20m以内夹有饱和砂土层时，对设计烈度为7度及以上的立井井筒，在地表以下30m内，必须采用双层钢筋的钢筋混凝土结构。主、副、风井锁口盘不得采用砌体结构。

煤炭企业抗震目标 遭遇规定破坏强度的地震影响后，抗震目标内容有两种类型。第一种是只确定遭遇一种破坏强度地震影响后的允许损坏程度，中国煤炭工业部颁发的《煤炭工业抗震设计规定》中制定的抗震目标是："使各种工程设施在遭遇相当于设计烈度的地震影响时，不致危及人民生命安全，重要生产环节不发生严重损坏，生产不致中断或能迅速恢复"。第二种类型是考虑了地震的随机性，按照多水准要求确定在遭遇不同破坏强度地震影响后企业或工程设施的允许损坏程度，这一方法首先用于核电站、水库等抗震设计

上，近十几年来，有许多国家又用于一般工程设施的抗震设计中。中国煤炭企业工程设施的抗震设计，也提出了建议意见：①在遭受本地区基本烈度地震影响时，工程设施的损坏及地震所产生的次生灾害，应不危及人员的生命安全，企业能不中断生产或中断生产后，能迅速恢复；②遭受低于本地区基本烈度的地震影响时，工程设施应不影响企业正常生产，可有能较快修复的轻微损坏；③在遭受高于本地区规定的基本烈度地震影响时，工程设施可能有严重损坏，但其损坏或地震所产生的次生灾害，应不危及人员的生命安全，经过抢修和采取应急措施，可以较快地恢复正常。

新建煤炭企业抗震设计 为了实现抗震目标，抗震设计要采取综合抗震的原则，形成企业的整体抗震能力。抗震设计内容：①布局抗震设计，选择对工程抗震比较有利的地段作为工业和民用建设场地，确定设防烈度。对建设场地按抗震有利程度分区，将关键要害部位的工程设施布置在建设场地内最有利的区段，对于遭受地震破坏时有可能扩大灾害影响范围的工程设施，尽量设在场地一角或能缩小灾害影响的位置。合理确定各种工程设施的间距，避免某一工程设施倒塌造成其它工程设施的破坏。管道、线网等避免通过土层液化区、采空塌陷区等不良工程地质地段。②工艺流程抗震设计，应使厂房布置做到规整、对称，避免重心高悬和减少无用高度，尽量发展露天化布置，包括发展相应的全天候操作仪表和提高集中控制水平。③对工程设施进行抗震设防分类，一般宜按系统进行抗震设防分类，形成系统的综合抗震能力，进而构成企业整体抗震能力，当一个系统各个环节的连锁作用不显著时，可按照工程设施或生产环节独立确定其抗震设防类别。④工程设施及其连接部位抗震设计，是抗震设计中的主要部分之一，要根据场地土动力特性、工程设施的震害经验和动力特性确定结构布置、选材、地震作用计算方法；对于生命线工程设施，要有较高的抗震可靠度；并将修复难易作为方案比较的一个重要因素，缩短震后停止生产的时间。⑤应急与防止次生灾害措施，包括人员安全疏散设施，紧急安全停车、泄压、关闭和截断装置，灭火、排水、堵水和防止有害气体扩散的装置，以及临时供电、供水和通信装置等。抗震设计要遵守国家和本行业有关的标准、规范、规定。

原有煤炭企业工程设施抗震加固 位于地震区的原有煤炭企业工程设施，建设时尚未考虑抗震要求而缺乏相应的抗震能力，需对工程设施进行鉴定和加固。鉴定和加固的要求是通过综合抗震形成企业整体抗震能力，实现抗震目标。鉴定和加固设计的主要内容：①确定设防烈度；②对工程设施核定抗震能力，确定加固项目，核定抗震能力时要发挥工程设施的抗震潜力，注意施工质量的影响；③核查场地的地震效应，估计可能产生的影响，必要时采取场地土处理措施；④建筑物与构筑物加固的主要手段是提高其变形能力、耗能能力和强度；⑤设备加固的主要手段是改变浮放、锚固不牢、局部刚度突变，强度不足状态；⑥注意加固前后对工程设施动力性能的影响，趋利避害，防止次生效应；前者如工程设施自振周期的改变，应避开而不是接近场地土振动卓越周期，后者如对一部分结构的加固造成局部刚度变化而引起自身或另一部分结构地震反应增大时，要一并加以考虑；⑦注意原有构件之间，工程设施之间连接处的抗震能力，重视原有构件与加固构件的可靠连接和整体作用能力；⑧可能时调整工艺布置，避免重心高悬、扭转效应等不利于抗震的布置方式；⑨要有应急和防止次生灾害的措施；⑩注意加固后建（构）筑物的美观，鉴定与加固工作要遵守国家和本行业有关的标准，规范、规定。

参考书目

《建筑抗震设防分类标准》，中国建筑工业出版社，1995。
《唐山大地震震害》，地震出版社，1986。
《建筑设计抗震规范》，中国建筑工业出版社，1989。
《煤炭工业抗震设计规定》，1978。

（蒋苑秋 舒世玉）

mengzhayao

猛炸药 （brisant explosive） 曾称“高级炸药”、“烈性炸药”。在较大外界能量作用下才能起爆、利用爆轰释放出来的能量对周围介质作功的炸药。

猛炸药有别于起爆药和发射药，用于装填炮弹或进行爆破作业。爆炸变化的主要形式是爆轰，爆轰速度1500～9000m/s，用简单的激发冲量一般不能引起爆轰，通常是用起爆药激发。分单质猛炸药和混合猛炸药两大类。常用的单质猛炸药有梯恩梯［三硝基甲苯，$C_6H_2(NO_2)_3CH_3$］、苦味酸［三硝基苯粉，$C_3H_2(NO_2)_3OH$］、黑索金［环三次甲基三硝铵，$(CH_2NNO_2)_3$］、泰安［季戊四醇四硝酸酯，$C(CH_2ONO_2)_4$］、特屈儿［三硝基苯甲硝铵，$C_6H_2(NO_2)_3NCH_3NO_2$］等。单质猛炸药主要用于装填炮弹、地雷、作雷管的基础装药、混合炸药的敏化剂，也可以直接用于爆破作业。常用的混合猛炸药有硝化甘油类炸药、硝酸铵类炸药、水胶炸药和乳化炸药，矿山爆破所用多为此类混合猛炸药。

参考书目

布德尼柯夫，《炸药与火色》，国防工业出版社，1975。
约翰逊、珀森，《猛炸药爆轰学》，国防工业出版社，1976。

鲁道夫·买耶著，陈正衡、祝锡五译，《爆炸物手册》，煤炭工业出版社，1980。

（秦太杰）

mibimen dongshi

密闭门硐室 （sealed door room） 设置密闭门的专门硐室。

密闭门设在井下主排水泵硐室和井下主变电硐室通往井底车场的通道内。当井下出现长时间停电故障或矿井涌水量突然增大时，关闭密闭门，争取时间排除停电故障或从管子道下放排水设备增加排水能力，防止矿井涌水淹没井下主排水泵硐室和井下主变电硐室，保障矿井安全。密闭门硐室分为铺轨和不铺轨两种形式。前者设在井下主排水泵硐室通道内，后者设在井下主变电硐室通道内。铺轨硐室在来水方向一侧设一节活动轨道，发生水患时，能迅速卸除活动轨关闭密闭门。硐室加固部分厚度，按管子道与井筒连接处地板和硐室地板的高差的水压，采用圆柱形防水墙计算公式计算确定。硐室门框两侧安设钢管，便于电缆通过，硐室断面要满足密闭门的装设和安装通过电缆钢管的要求，长度按密闭门开关时所需地沟长度和加固部分确定。硐室一般为拱形断面，用混凝土砌碹，加固部分要与门框结构同时浇灌。

（孙恩棠 袁孔华）

muzhijia

木支架 （wooden timber） 用原木加工而成的杆件式支架。

木支架多为一梁两柱的梯形结构，柱腿外斜 10°，倾角大的斜巷设底梁成框式。支架与岩壁之间用木板背紧，背板布置有密排与花背两种，支架之间用撑柱撑紧。木支架可根据工程条件做成五边形及双层套棚结构等。

梁、柱直径 12～26cm，长 1.5～3.5m。棚距一般为 0.5～1m，有时采用密排。

木支架材质轻，易加工，可压缩性好，但机械强度低，易腐朽，常用于矿压小、服务年限短的采区巷道或作临时支护，也可用于处理巷道坍塌事故。

为减少木材消耗保护森林资源和生态环境，木支架在矿井巷道支护中的比例逐步减小，很多矿井已基本不用。

（贺永年）

N

niantu shuinijiang

粘土水泥浆 (clay -cement grout) 又称CL-C浆液。以粘土为主，掺加少量的水泥及外加剂配制而成的浆液。

粘土水泥浆的主要特点：①析水率低，结石率高，稳定性好，粘塑性强，可注性好，粘度易控可调，结石体抗渗性及抗浸蚀性能力强；②可就地取材，水泥用量少，成本低，无毒，不污染地下水；③在水中不被水稀释，悬浮性好，在正常情况下可以采用上行式注浆，各注浆段一次达到注浆终压终量，减少复注次数，能够缩短注浆工期。

粘土水泥浆粘度随着粘土浆的比重，水泥和添加剂的掺量增加而增加。塑性强度是衡量粘土水泥浆力学性能的重要指标，粘土水泥浆固化后为粘塑性体，在岩石裂隙中能抵抗地压和水压。塑性强度是指浆液凝固体的极限剪切强度，测定和计算公式是：

$$P_m = K_s \frac{G}{h^2}$$

式中 P_m 为试块的塑性强度，g/cm²；G 为圆锥体装载系统的重量，g；h 为圆锥体沉入试块的深度，cm；K_s 为与圆锥体顶角有关的系数，常使用的仪器 $K_s = 0.63$。

粘土水泥浆塑性强度也是随粘土浆的比重，水泥和添加剂用量的增加而增加，注浆压力越高，养护龄期越长，塑性强度越高。

浆液中的粘土，要求不含砂石、粘性好，粘土中蒙脱石含量高，活性好，塑性指数为7～15，用清水制成比重为1.13～1.22的粘土浆。使用425号或525号普通硅酸盐水泥，每1m³粘土浆中掺加50～150kg水泥，搅拌均匀后，再添加1%～3%的外加剂，用注浆泵注入受注地层。

（赵 斌）

P

paishui xitong shebei anzhuang

排水系统设备安装 (installation of drainage system equipment) 指主排水泵房机械设备、电气设备、井筒排水管路等的安装，及主排水系统检验、试运转等项内容。

主排水泵房机械设备安装 包括配水闸门、环形管路、水泵与电动机、电动闸门及无底阀排水设施的安装。一般和副井井筒装备及井下中央变电所同时进行安装。泵房设备安装须具备的条件是：硐室设备基础、地坪、电缆沟、水仓及配水井、起重梁和轨道已施工完，预留梁窝及预埋件等符合要求，室内无渗水现象。

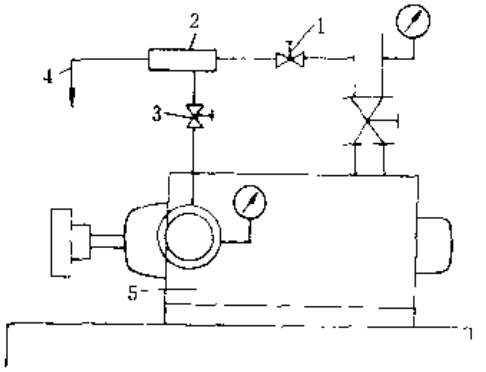
配水闸门体积较大，应解体后运到井下，安装时先将阀体吊到配水井的预留洞位置上，和短节管联接灌浆后再安装操作机构。

环形管路一般在地面根据泵房硐室实际测量尺寸及到货的设备（电动阀门）进行制作组装，并进行水压试验和防腐，然后编号解体运到井下泵房组装，整体吊装到设计位置，最后安装管路托梁，托梁达到承重强度时将环形管路固定好。另一种方法是先安装管子托梁，环形管中分为几部分，单独起吊到托梁上后再安装。

水泵与电动机安装前要进行解体检查，清洗注油。先安水泵，再安装进出水管，出水管联接逆止阀门、电动阀门后再与环形管路的三通管口对接。最后以水泵为基准，将电动机找正，进行二次灌浆。

电动阀门由阀门、电动驱动装置和控制箱组成，阀门和电动驱动装置连接在一起，控制箱安装在泵房的壁龛内。安装时，先检查控制箱电源电压与泵房线网电压是否一致。调试时，主要是调整控制箱仪表，并调整好电动驱动装置的行程开关，避免驱动装置使阀门杆两端卡住。

无底阀排水即取消水泵吸水阀，利用真空泵或射流泵抽出吸水管和泵内空气而使泵内充水，然后开动水泵。真空泵的体积较小，安装于泵房内，真空泵吸入管与主水泵第一级连接，真空泵的排水管引到泵房的水沟内，另外有清水管向真空泵水封供水。用射流泵实现无底阀排水布置如图，水泵启动前，打开阀门1和3，排水管内的高压水经射流泵2造成泵体负压，使水泵充满水，管4排出空气和水，即可开主泵。



射流泵式无底阀排水方式布置图

1、3—阀门；2—射流泵；4—空气排出管；5—主排水泵

主排水泵房电气设备安装 主排水泵房电气设备一般安装在井下中央变电所，高压开关柜安装、电抗器安装、低压配电柜安装分别参见“井下供配电设备安装”和“地面供配电设备安装”。

主排水系统检验、试运转 排水管路从井下泵房、管子道、井筒直到地面，在安装完毕后，要灌水做水压试验。

配电设备送电前，要进行检查、调试，过电流保护装置要整定好，采用反时限的电流保护装置应躲开水泵的启动电流。

水泵试运转前先灌水，检查泵体中间段是否漏水，送电前应盘动对轮，开动后，观察压力表，电流表正常后再逐步打开阀门，检查上水情况与各部温度，正常运转8h即可进行交接。

（朱家瑜）

paoyan

炮眼　(blast hole, borehole)　在爆破介质中钻凿的用以装药爆破的孔眼，在露天爆破中通称炮孔。直径一般在35～300mm之间。

井巷掘进爆破中，炮眼（见图）分为掏槽眼、辅助眼和周边眼三类：①掏槽眼是工作面首先爆破造成第二个自由面的一组炮眼，它为后续炮眼的爆破提供新的自由面，掏槽眼的深度一般比其它炮眼超深200～300mm；②周边眼为控制井巷掘进断面在周边钻凿的炮眼，根据它在巷道周边的位置又分为顶眼（在采掘工作面顶部钻凿的炮眼）、底眼（在采掘工作面底部钻凿的炮眼）和帮眼（在巷道掘进工作面两帮钻凿的炮眼），它的作用是形成巷道的设计轮廓；③辅助眼是在掏槽眼和周边眼之间钻凿的炮眼，在掏槽眼之后起爆，主要作用是扩大槽腔和大量破碎岩石。

炮眼类型

井下采煤爆破中，根据煤层的厚度布置炮眼。靠近煤层顶、底板的炮眼分别称为顶眼、底眼，位于顶、底眼之间的炮眼称为崩落眼，它们所起的作用都是崩落煤层。

炮眼利用率　又称"炮眼利用系数"，工作面一次爆破的循环进度（L_0）与炮眼平均深度L的比值。通常用η表示，即$\eta=L_0/L$，炮眼利用率是衡量爆破质量、反映爆破参数设计、炮眼布置是否合理的一个重要指标，良好爆破效果的η值一般在0.9以上。

（刘庭辉　林从谋）

penshe hunningtu zhihu

喷射混凝土支护　(shotcreting)　利用压缩空气将混凝土喷射到岩体表面的支护。喷射混凝土应具有凝固快、早期强度高、不易收缩开裂、与围岩粘结力大及回弹率低等特性，以适应井巷支护的需要。因此，混凝土中一般掺有专用速凝剂和根据不同情况添加减水剂、钢纤维等。喷射混凝土对制配材料的要求较高，水泥要用硅酸盐水泥或专用喷射水泥，细骨料一般为中砂或粗中混合石英砂，粗骨料为坚硬碎石或河卵石，混凝土标号一般为C15～C20。

喷射混凝土的厚度一般为5～20cm，主要作用是封闭围岩和防止危石掉落等。

根据喷射工艺不同，喷射混凝土支护分为干式、潮湿式和湿式三种。

干式是国内外发展最早、使用最广的一种喷射混凝土支护工艺，用人工或机械把水泥、骨料和速凝剂等拌合均匀的干混料，送入干式喷射机，压缩空气将干混料通过输料管以稀薄流状态送至喷嘴，在喷嘴处按规定水灰比加入适量压力水迅速混合为湿混凝土然后喷射到巷道围岩上。混凝土配比一般为水泥：砂：石子＝1：2：1.5～2。干式喷射混凝土主要工艺参数有：工作气压一般为0.1～0.13MPa；工作水压要比气压高0.1MPa；水灰比一般为0.4～0.45；喷头距受喷面0.8～1.2m，且要垂直；一次喷厚为3～8cm。

潮湿式是把含水量10%～12%的粗细骨料与水泥拌合成含水量8%～12%的潮料，装入潮式混凝土喷射机，用压缩空气将潮料以介于稀薄流与半稠流状态输送到喷嘴，在料斗或喷嘴处添加速凝剂、补充压力水后，喷射到巷道围岩上。潮喷混凝土在搅拌、输送、喷射过程中的粉尘和回弹率较低。潮湿式混凝土配比与干式相同，但初喷多用1：2：1，复喷时用1：2：1.5。潮湿式喷射混凝土工艺参数与干式的主要区别：输料管较短，长度为20～60cm；工作气压为0.13～0.18MPa，喷射机室压0.2～0.6MPa；喷嘴距受喷面为0.4～1.0m；水灰比为0.4～0.5。

湿式是先按一定配合比将水泥、粗细骨料和水一起搅拌好，然后用湿式喷射机将拌合料通过软管输送到喷嘴，在喷嘴处添加液体速凝剂，使拌合料形成料束喷射到巷道围岩上，湿式输料方式有稠流态和半稠流态两种，前者将拌合成稠流态的料，用泵式湿喷机输送到喷嘴；后者将拌合成半稠流态料，用压缩空气式湿喷机输送到喷嘴。湿式喷射混凝土配比，稠流式为1：2.5：0.5，半稠流式为1：2.5～3：0.5～1。湿式工艺参数与特点：输料管长度为20～50m；压缩空气式湿喷机工作气压为0.15～0.2MPa，拌合料与压缩空气比为1：6～8；泵式湿喷机喷嘴料流不稳定，一次喷厚较小；喷射速度较低，故回弹率较低；水灰比：稠流式为0.45～0.5，半稠流式为0.39～0.42。

回弹率　部分喷射料从受喷面回弹溅落，其干重与喷射出干混料重量之比的百分数。由于回弹物主要为混凝土中的骨料，故回弹率过大将使喷射混凝土强

度、施工效率降低，影响支护质量及经济效果。

回弹的产生与混凝土配料构成及各施工环节操作有关，主要的影响因素有：拌合料中粗骨料的粒径与含量、喷嘴与受喷面间距离、喷射角度和部位、水泥及速凝剂质量、水灰比、气压和一次喷厚等。为减少回弹率，采取的措施主要有：减少粗骨料粒度，最大粒径在10～15mm以下；按规程规定掌握好喷距、角度和气压；控制好水灰比，增大喷嘴处水料混合段的距离，或在输料管后段设置混合室，改进喷嘴结构；采用专用喷射水泥和优质速凝剂，严格控制速凝剂掺量和方式；掺加高效减水剂，改善混凝土和易性，提高坍落度；控制一次喷厚，直墙宜为8～12cm，拱顶部为5～7cm。

回弹物可以回收复用，掺拌适量的水泥用以浇筑混凝土水沟、预制水沟盖板，有时也可用于铺混凝土底板等。

（董方庭）

pingdong

平硐 （adit） 服务于井下开采，在地层中开凿的直通地面的水平通道。它适用于山区和丘陵地区，中国西南和华北等应用较广泛。

分类 按平硐与煤层走向相对位置的不同分为走向平硐、垂直走向平硐和斜交平硐。垂直走向平硐进入煤层或矿床可两翼布置采区，生产能力大，采用较多。按用途分为主平硐、副平硐及回风平硐。根据矿井的特定条件，有时另掘泄水、排矸等多用平硐。

主平硐 主要担负运煤或矿物、出矸、运送器材、通风、泄水、敷设管线及行人等任务的平硐。

副平硐 主平硐为带式输送机运煤时，设副平硐担负出矸、运送器材、通风行人、泄水、敷设管线等辅助任务的平硐。当井型较大，主平硐运输、通风能力不够时，亦可设副平硐以满足矿井运输及通风的需要。

回风平硐 担负矿井回风任务并作为矿井安全出口，必要时也可用以出矸、行人、运送器材的平硐。

应用特点 采用平硐开拓，运输系统简单，环节少，设备单一，费用低，通过能力大。地面无井架、绞车房等工业建筑，井下不设井底车场，节省井巷和硐室工程量。矿井水直接流出地面，无排水设备及硐室。平硐开拓简单，建井工期短，投资少。平硐开拓是矿井开发中最简单、最经济的方式，只要条件适合，应优先采用。平硐长可达2000m以上，北京矿务局万佛堂平硐超过4000m。山西乡宁煤田准备用9500m长的主平硐开拓，生产能力达10Mt/a。

平硐本身相当于运输大巷，断面尺寸及形状根据围岩性质、服务年限、运输设备及通风安全要求确定。一般采用拱形，亦有梯形和矩形，地压大时采用马蹄形、圆形及椭圆形。支护以料石、混凝土、锚喷为主。为便于运输和泄水，从硐口至井内有3‰～5‰的上坡。

（张之浚）

pinghang juejin

平巷掘进 （drifting） 进行平巷开挖和临时支护的作业。主要工序：破岩、装岩、运输和临时支护等，辅助工序：通风、排水、综合防尘等，作业时根据巷道岩性（岩石、煤、半煤岩）的不同，分别采用各种不同的掘进方法、工艺和施工组织形式。

平巷掘进是从手工作业逐渐发展为半机械化和机械化作业的，17世纪以前，主要靠人力进行破岩、装运作业，随后发展为人工钻眼、火药爆破、人力装岩和架设木棚支护，掘进速度有了提高。19世纪欧洲出现了汽钻、手持式风钻，钻眼机具的发展使钻眼速度有了较大的提高，同时火雷管、导火索和硝化甘油、硝铵等新型炸药的出现对爆破工程的发展具有重要的意义。20世纪，液压凿岩机等新型钻眼机具以及矿井提升、运输和装载等机械的发展，逐步使掘进主要作业实现了机械化。20世纪40年代，美国首次在煤矿使用掘进机，60年代在各国得到了推广应用，使掘进各工序实现了综合机械化作业。

平巷掘进一般采用钻眼爆破或掘进机等破岩方法。

钻眼爆破法 是国内外目前广泛采用的井巷掘进方法，通过在巷道断面上钻凿一定数量和深度的炮眼装入炸药进行爆破。为了加快掘进速度，提高工程质量，要采用高效能的机械化作业线，采用先进技术和科学的施工组织管理方法，组织多工序平行交叉作业、工种岗位责任制、正规循环作业。

岩巷掘进钻眼设备长期以来大量使用的是25～30kg重的气腿式凿岩机，20世纪70年代开始使用凿岩台车或钻装机，并配备重型导轨式高频高效凿岩机。爆破作业广泛采用光面爆破、预裂爆破等技术。煤巷掘进采用煤电钻钻眼、专用炸药和电雷管爆破。

装运设备主要有铲斗后卸式、铲斗侧卸式、耙斗式、蟹爪式和立爪式等型式的装岩机，以及矿车、电机车、带式输送机等。为协调装岩和运输工作，还需有各种调车和转载设备，包括浮放道岔、错车道、转载机、仓式列车、梭式矿车等。

临时支护一般采用金属或木支架支护、喷射支护、锚杆或锚喷支护、锚网喷联合支护。

掘进机法 破岩、装岩、运输、支护、综合防尘等工序全部机械化作业，具有施工速度快、巷道成形好、

效率高和工作安全等优点。掘进机主要分为部分断面掘进机和全断面掘进机两大类型，部分断面掘进机具有较大的机动性和灵活性，对巷道断面和地质条件的适应性强，应用的比较多。全断面掘进机主要用于掘进长距离岩石巷道。美国 1967 年使用 Robbins－104/121 型掘进机在直径为 3m 的页岩和砂岩巷道施工中创造月进 2099.9m 的世界纪录，苏联 1971 年采用K－56M 型掘进机在断面为 46m² 的煤巷施工中创造月进 4200m 的世界纪录。中国研制的直径为 3.2m 和 5m 的全断面掘进机也已成功地应用于生产中。

平巷掘进技术的发展，在钻眼爆破法方面国外正在开发程序控制、自动对孔位、自动进退的新型液压凿岩台车，并向大直径和深孔爆破方向发展；在掘进机方面，研究提高掘进机对巷道断面形状、大小、曲率半径及岩性等变化的适应性，提高刀具耐磨性，解决主要工序程序控制，实现遥控和自动化。在研究试验新的巷道掘进方法，有遥控连续爆破掘进法、高压水射流掘进法、炮击掘进法和热力掘进法等。

机械化作业线 巷道掘进中依据工程条件优选各工序施工设备并进行优化配套，使其能力基本均衡、相互适应，形成一个完整配套的施工作业系统，达到优质、快速、高效和低耗的目的。其配套原则是：(1) 破岩、装岩、运输、支护各主要工序应采用机械化作业，机械设备能力要相互协调；(2)辅助工序与主要工序的施工设备要相互适应；(3)配套的机械设备能力和数量要有适当的富余量及备用量；(4) 机械的性能、规格及结构形式必须适应施工条件、巷道规格及作业方式的要求；(5) 要保证施工安全和实现合理的技术、经济指标；(6) 要结合施工单位的经济状况，工人操作技术、维修水平，配件供应等具体条件确定配套方案。

岩石平巷掘进机械化作业线的配套方案主要有：(1) 以气腿式凿岩机、耙斗等各种类型装岩机、普通矿车、电机车等为主组成的机械化作业线，该作业线应用广泛，设备简单可靠，造价低，中国目前普遍采用；(2)以凿岩台车、铲斗侧卸式或扒爪式装岩机、转载机、普通矿车、电机车等为主组成的机械化作业线，该作业线适用于断面大、长度较大的巷道；(3) 以钻装机（或钻装锚机组）、带式转载机、普通矿车、电机车等为主组成的机械化作业线，该作业线具有一机多能，简化工作面布置等特点；(4) 以掘进机、带式转载机、矿车与电机车为主组成的机械化作业线，该作业线可实现连续装矸，保证机组连续运行，机械化程度高，施工速度快，效率高，适用于掘进长直的巷道。

煤、半煤岩巷掘进机械化作业线的配套方案主要有：(1) 以煤电钻、扒爪式或耙斗式装煤机、带式转载机、矿车、电机车为主组成的机械化作业线，该作业线适用范围较广，普遍采用；(2) 以煤电钻、扒爪式或耙斗装岩机、输送机等为主组成的机械化作业线，该作业线要有直接卸载条件，可以实现连续装载、运输，装岩效率高；(3) 以掘进机、带式转载机、梭车或仓式列车为主组成的机械化作业线，该作业线须有直接卸载条件，掘进效率较高。

参考书目

采矿手册编委会编，《采矿手册》第二卷，冶金工业出版社，1990。

淮南矿业学院编，《井巷工程》第二分册，煤炭工业出版社，1980。

沈季良等主编，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1986。

（张东文 周文斌）

poyan

破岩 (crush rock) 在采掘工作中使部分岩体按预定范围脱离母体从而形成井巷空间或采落矿石的作业。主要破岩方法有机械破岩、水力破岩和爆破破岩三种，还有电物理等破岩方法。公元前 11 世纪，中国就用铜具破碎岩石，公元前 5 世纪已用铁具破岩，公元 10 世纪后出现利用热力破碎岩石的方法。19 世纪下半叶和 20 世纪上半叶，相继出现了凿岩机、硝化甘油炸药，使用了硬合金钎头和深孔爆破，破岩技术达到了一个新水平。目前在破碎坚硬岩石时，钻眼（凿岩）爆破仍是主要手段。为了解决机械破岩时工具的严重磨损和爆破破岩时采掘作业的间断性问题，20 世纪 60 年代以来，各国都在研究新的破岩方法，水力破岩已在露天和井下成功地应用，高压水射流破岩已进入试验和应用阶段。在极坚硬岩石特别是石英岩中，热力破岩也获得成功，利用声、光、电、磁、热、等现代电物理方式破岩方面的研究也有一定进展。

机械破岩 利用机械力破岩的方法。有切削、冲凿、碾压和研磨等四种方式。

切削破岩是通过刀具（钻头、截齿、刨刀）施力于被作用的岩石上，靠刃角从岩石的外层进行分离岩石的方法，如采煤机、截煤机、刨煤机、挖煤机、旋转式钻机等。

冲凿破岩是利用冲击能量破岩，按其破碎实质分砸碎、劈落、凿碎等形式。如风镐掘采、冲击式凿岩等。

碾压（滚压）破岩是靠工具滚动产生冲击压碎和剪切碾压达到破岩的目的，如牙轮钻机、掘进机和钻井机等。和冲凿、切削破碎方式相比，碾压破岩适应性强，有广阔的发展前途，国外已广泛应用。

研磨破岩是用嵌有细小金刚石的钻头或用钻粒在岩石上研磨破岩，如金刚石钻进、钢粒钻进等，在钻探工程中是钻进和破碎坚硬岩石的手段。

19世纪末，采掘工业中相继出现了截煤机、采煤机、钻井机、巷道掘进机和斗轮挖掘机等，改善和提高了较软岩（矿）石中的采掘工艺水平，目前正朝综合机械化方向发展。而对坚硬岩石的破岩主要仍是爆破方法，只是不断地研制轻型、高效、经济的凿岩机械，并探求新的技术突破。

水力破岩 利用水射流破岩（矿石）的方法。水射流技术可分为低压和高压射流两种。前者一般压力小于2×10^7Pa，流量大于6000L/min，用于采煤和破碎岩土砂石；后者一般压力大于6×10^7Pa甚至高达几亿Pa以上，可配合机械破岩，进行掘进、采煤和钻孔。此外，还研制出脉冲式射流技术，不需要很大的功率而有效地破碎坚硬岩石，瞬间压力可达到5.6GPa。高压水射流破碎岩石时，能耗高，机构较复杂，常作为掘进机和露天牙轮钻机破碎岩石的辅助手段。低压水射流已在生产中获得应用，用于破煤、土等软弱地层。

射流对煤体的破碎作用是利用水射流对煤体所形成的巨大冲击压力使煤壁成块地迅速破碎崩落，冲击压力必须超过煤壁破碎的极限抗力。这种使煤壁开始大块落煤并能满足一定生产能力要求的水压，称为破碎水压。不同性质的煤层所能承受的极限抗力不同，破碎水压也不同。煤、岩在水射流作用下的破碎过程和其机理尚没有形成一个统一的完善的理论，有待进一步研究和发展。

爆破破岩 利用炸药爆炸作功破碎岩（矿）石的方法。在矿山采掘工程和土石方工程中是主要的破岩方式，特别是对坚硬岩石和大量土石方工程是最为有效和最经济的方法。

爆破破岩最基本的方式是通过钻孔或开凿硐室将炸药埋置在岩体内部，引爆炸药后瞬时释放出的能量强烈冲击装药周围岩体，在岩体内激起冲击波和应力波的传播，在冲击波、应力波和爆生气体膨胀作功下使岩石破碎。亦可将炸药置于岩体表面，靠炸药爆炸产生的强烈冲击作用破碎岩石，此法主要用于孤石的二次破碎。

炸药爆炸引起岩体破碎的过程和机理，存在有爆炸生成气体膨胀作用，爆炸应力波作用和爆炸应力波与爆生气体综合作用三种理论。

爆炸生成气体膨胀作用理论，认为炸药爆炸引起岩石破坏主要是由高温高压气体产物对岩体膨胀作功的结果，因此破坏的发展方向是由装药引向自由面。岩石位移的阻力在最小抵抗线方向最小且岩石质点位移速度较高，而在阻力不等的不同方向上，质点位移速度不同，必然引起剪切应力。当这种剪切应力大于岩石的抗剪强度就会使岩石破裂，当爆生气体的膨胀压力足够大时，会引起自由面附近岩石隆起、膨胀裂开并沿径向推出。这种理论又称为准静力作用理论。

爆炸应力波作用理论，认为岩石的破坏主要是由于岩体中爆炸应力波在自由面反射后形成反射拉伸波的作用。当拉应力超过岩石的抗拉强度时，岩石就被拉断破坏。这种理论从爆轰的动力学观点出发，又称为动作用理论。

爆生气体和应力波综合作用理论，认为岩石的破坏是由于爆生气体膨胀和爆炸应力波共同作用的结果。由应力波引起的反射拉伸波加强了径向裂隙的扩展，爆生气体的膨胀，促进了裂隙的发展。

参考书目

徐小荷、余静，《岩石破碎学》，煤炭工业出版社，1984。

王树仁、程玉生，《钻眼爆破简明教程》，煤炭工业出版社，1989。

（杨永琦 王树仁）

putong zaojingfa

普通凿井法 （conventional shaft sinking method） 在稳定或含水较少地层中，采用钻眼爆破等常规手段的凿井方法。该法不需对井筒围岩采用特殊的预先加固措施。普通凿井法由掘进和永久支护两大作业组成。掘进作业包括凿岩、爆破、装矸、提升和临时支护等工序。永久支护包括拆除临时支架的井圈、安设模板及砌筑井壁等工序。还必须完成通风、排水等辅助作业。普通凿井法具有施工准备期短、速度快、成本低等特点。是矿山凿井工程中最主要的一种方法。20世纪50年代该法在中国煤矿井筒建设中的比重占80%以上，90年代后仍占相当比重。井筒是矿井的咽喉，加快井筒施工速度，提高井筒施工质量，对于缩短矿井建设工期，保证投产后正常生产有重大作用。

发展概况 普通凿井法在中国有悠久历史，随着火工、机械制造等工业的发展，普通凿井法的发展经历了手工、半机械化和机械化作业三个阶段。

手工作业阶段是在中华人民共和国成立之前，只能开凿深度浅及小直径的立井井筒。施工用手工凿岩、黑火药爆破、人工装岩、木材支护、人摇辘轳、提升牛皮包排水，设备简陋，技术落后，作业条件和施工安全状况很差。立井凿井月进度5～10m。

半机械化作业阶段从中华人民共和国成立到1973年，主要是引进国外技术，改善装备。采用多台手持式凿岩机打眼，炮眼深度在1～1.5m；爆破常用岩

石铵梯炸药或耐冻硝化甘油炸药和毫秒雷管进行光面爆破；装岩用 1～3 台 0.11m³ 气动抓岩机；排水用 250m 扬程吊泵；提升用卷筒直径 2～3.5m 的提升机配 1～3m³ 吊桶；井内设备的悬吊则用悬吊力 50kN、80kN 的凿井绞车。由于采用新技术及半机械化作业，凿井速度有大幅度提高。1958 年 10 月在徐州权台主井创最高月成井 160.92m，平均月成井达 70.94m 的中国记录。1965 年煤炭工业部对 100 多个普通凿井法施工的立井进行全面总结，提出《立井井筒施工二十项经验》在全国煤炭系统普遍推广，进一步促进立井井筒施工速度的发展，1966 年立井平均月成井达 32.3m 的历史最好水平，1973 年 7 月湖南桥头河二号井创立井月成井 174.82m 的中国最高记录。

机械化作业阶段从 1974 年开始。随着煤矿开采深度增加、井型加大，井筒深度及直径不断增加，为解决开凿 800～1000m 深井的需要，1974 年煤炭工业部、冶金工业部、第一机械工业部联合组织立井施工机械化配套攻关小组。主要以打干井为基础，以“大提升机、大吊桶、大抓岩机、中深孔爆破”为核心，使立井施工机械化达到了一个新水平。为了实现打干井，采用堵、截、排综合治水方案，以堵为主的措施。堵水有地面预注浆、工作面预注浆、壁后注浆等，使井筒工作面涌水量减少到 10m³/h 以下。为提高凿岩速度和加大炮眼深度，研制成伞形钻架、环形钻架及重型风动凿岩机，炮眼深度 2.5～4m。为提高装岩效率研制成斗容为 0.4、0.6 和 1m³ 的中心回转式、环行轨道式、靠壁式抓岩机，并与 3～4m³ 吊桶相配套。为适应凿井提升的要求研制成凿井专用提升机，钢丝绳静张力达 150kN、170kN 和 200kN，钢丝绳静张力差达 140kN 和 180kN，能满足提升 3～4m³ 吊桶及升降伞钻的需要。为悬吊深井设备和管缆，研制成大能力凿井绞车，其悬吊力达 160kN、250kN、400kN；为深井排水研制成扬程为 500m、750m 高扬程吊泵。为提高爆破效率研制成高威力水胶炸药及高精度毫秒电雷管，为发展中深孔爆破创造了条件。同时取消井圈、背板临时支架，改用金属网喷射混凝土支护。砌壁采用液压滑升金属模板等。由于采用了一系列先进装备，立井井筒施工速度明显提高。20 世纪 80 年代中国新开发的矿区，井筒平均深度在 600m 左右，井筒直径 6～8m，平均月成井在 40m 左右。1984 年 6 月阳泉供水工程立井月成井 177.02m 新水平。1990 年中国承包的摩洛哥王国杰拉达煤矿三号井井筒，最高月成井达 107.6m，平均月成井 81.3m。1991 年鸡西矿区城子河风井创最高月成井 187.1m，平均月成井 115m 好成绩。1992 年鸡西矿区滴道东风井创最高月成井 201m，平均月成井 120.40m 的中国最高记录。

国外凿井机械化各有特色。前苏联和南非重点发展凿井综合机组和重型装备，施工速度快，苏联曾于 1969 年创造月成井 401.3m 的世界记录。日本、捷克等采用中重型装备。而瑞典则以轻型、小型为主，虽然月成井只有 20～30m，但设备少、人员少、效率高，成本低。为了提高凿井速度，爆破炮眼的深度一般为 3～4.5m，最深达 6m，炮眼直径 45mm。钻眼采用风动或液压驱动的伞形钻架。安设 3～10 台重型风动凿岩机或液压自动凿岩机，国外立井装岩机种类很多，有抓斗式、铲斗式，抓斗式又有中心回转式、靠壁式或环行轨道式等，一般以液压和电力为动力，抓斗容积多为 0.4～0.6m³，最大达 1.25m³，装岩能力最高达 200m³/h。与此相配套的矸石吊桶容积一般为 3m³，最大达 8m³，排矸能力 100～150m³/h。国外立井临时支护多用金属网锚杆或喷射混凝土。永久支护主要采用浇灌混凝土，用金属模板配合管道下料或底卸式吊桶运料，实现了支护机械化施工。南非曾采用高 20m 的 9 层吊盘，一次浇灌 9m 高的混凝土井壁。美国研制了在地面遥控的立井喷射混凝土施工机械化系统，每小时可喷 10m 高的井壁，比用模板浇灌混凝土井壁的方法快 10 倍。随着井下设备的重型化，地面凿井绞车的悬吊能力提高到 100～450kN，提升机的功率提高到 3500kW 左右。为了改善井下工作条件，广泛进行地面预注浆，实现打干井。辅助作业方面采用激光指向测量，载波或无线袖珍通讯设备等。施工组织方面广泛应用运筹法。

展望 主要向自动化方向发展，一些国家正积极研制全液压自动控制凿岩机，它速度快、效率高、噪音少、尘雾少，并能按给定的地质条件自动地在合理效率范围内调整凿岩机扭矩和推力，能按爆破图表自动工作。装岩机向加大斗容、自动化遥控方向发展以提高其生产率。喷射混凝土永久支护施工逐步实现自动化。从长远发展角度看，还有可能应用预热式射流、液力、电物理和激光等破岩新技术。

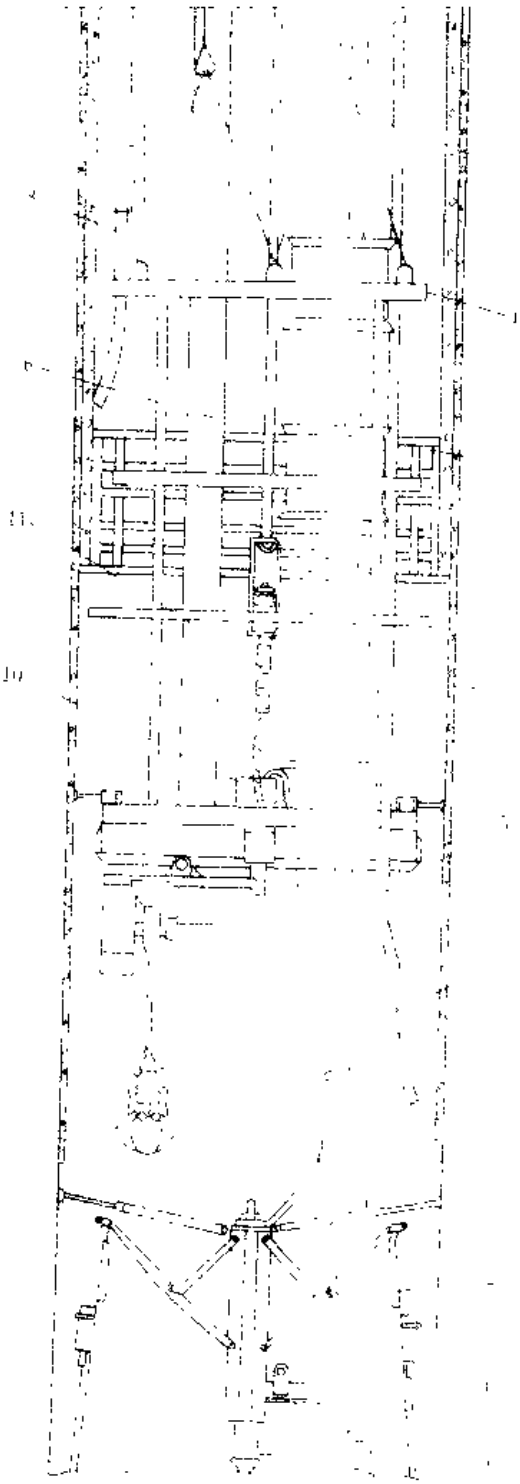
立井机械化配套 为开凿井筒将凿岩、装岩、提升等机械设备，按其能力进行优化组合，使之互相匹配的技术措施。①凿井井架与施工机械相配套。井架承载能力、井架高度、天轮平台尺寸及井架底跨尺寸应满足井筒施工机械升降、悬吊及作业的要求。井架卸矸台的高度应满足伞钻悬挂、移动和检查的要求。同时矸石溜槽下口位置要便于汽车装运矸石。②装岩机能力与一次爆破的矸石量相匹配。为提高装岩机生产效率，减少辅助作业时间，装岩机每小时装岩能力约等于一次爆破矸石量的 1/4～1/5。③吊桶容积与装岩机抓斗容积相匹配。吊桶容积最佳为抓斗容积的 4～5 倍，吊桶直径

与抓斗张开时最大直径之比应为 0.8～1。④提升能力与装岩能力相匹配。提升机数量和能力主要根据装岩生产率和井筒深度而定。必须保证装岩机不间断工作。在深度大、直径大的井筒中宜采用一套双钩和一套单钩提升。同时提升机钢丝绳的允许终端荷重应大于井内设备的最大重量。⑤地面排矸能力与提升能力匹配。中国通常采用自卸式汽车排矸，为使提升机不间断工作，可在地面设立储矸仓或储矸场。

下表为中国部分立井施工机械化配套情况。下页图为普通凿井法井下机械化配套示意图。

中国部分立井施工机械化配套情况表

项　　目	摩洛哥杰拉达三号井（中国施工）	九龙口副井	东滩副井
井筒直径（m）	6.8	7.5	8
井筒深度（m）	785	747	748
作业方式	混合作业	长段高单行作业	长段高单行作业
平均自进度（m）	81.3	33	24.22
最高月进度（m）	107.6		表土86/基岩50
一、凿井井架　型号	$\mathrm{IV_G}$	V	V
二、主提升提升机　型号	JKZ－2.8/15.5	2JK－3.5	2JKZ－3
电动机（kW）	1000	800	1000
最大静张力/最大静张力差（kN）	150/—	170/115	170/140
三、副提升提升机　型号	JK－2.5/20	JKZ－2.8/15.5	瑞典 1×2.75
电动机（kW）	400	1000	376
最大静张力（kN）	90	150	80
四、悬吊凿井绞车　（台）	12	14	19
其中：单筒　400kN			2
单筒　250kN		2	2
单筒　160kN	6		7
双筒　160kN	1	4	6
单筒　100kN	4	4	1
双筒　100kN			1
30～50kN	1	4	
五、伞形钻架型号	FJD－9A	日本东洋	FJD－9
一次推进行程（m）	4	3.5	4
六、抓岩机组型号	HZ－6	HZ－6	2HH－6
抓斗容量（m^3）	0.6	0.6	2×0.6
七、吊泵型号	NBD－50/250	NBD－50/250	80DGL50×10
扬程　（m）	250	250	500
八、吊盘	三层	1层　重71t	3层
九、吊桶（m^3）	4；2	4；3	4；3
十、底卸式吊桶	DX－2型　2m^3	普通吊桶	普通吊桶
十一、模板高度　（m）	3		液压滑升模板



普通凿井法井下机械化配套示意图

1—吊桶；2—伞形钻架；3—环行轨道式抓岩机；4—吊盘；5—压气管；6—风筒；7—模板；8—混凝土输送管；9—潜水泵；10—水箱；11—吊泵；12—喷射混凝土输送管；13—排水管

立井施工辅助作业 为立井掘进、永久支护两主要作业服务和提供正常施工条件的工作统称辅助作业，主要包括测量、通风、排水、照明、信号及通讯等。

(1)测量，立井施工测量主要是设置基准线。基准线分中线和边线。中线控制井筒位置和掘砌规格，边线控制预留梁窝的位置，20世纪70年代末期中国取消预留梁窝后，边线也随之取消。20世纪50年代井筒中心线采用垂球测量法即通过地面十字线基桩确定井筒中心位置，用钢板将中心点固定在封口盘上，在该中心点上悬挂垂球，利用重力将井筒中心位置导至井下工作面。垂球重量同钢丝直径与井筒深度有关，一般垂球重量为20～30kg。此法操作困难、准确性差、同时占用井筒作业时间，特别在深井中测量难度加大。1974年中国第一台DTK－1型3套筒立井激光指向仪研制成功，用激光指向取代了传统的垂球测量法。为适应千米深井测量的要求，20世纪80年代初又研制了DTZ－1型深井激光指向仪，该仪器具有光斑漂移小、精度高、清晰度高、穿透力强等优点。立井激光指向仪安设在固定盘上方1～1.3m处。为防止仪器光轴倾斜，应定期用地面十字线基桩进行校正。

(2)通风，立井施工时为排除岩层中涌出的瓦斯和爆破时产生的有害气体，保持工作面空气新鲜，必须用机械进行通风。通风方式有压入式、抽出式、混合式三种。压入式通风是用井口的轴流式通风机将新鲜空气通过风筒压到井底，该方式风量大、射程远、冲洗烟尘与降温效果较好，但污浊空气必须通过井筒缓慢排出，一般用于深度小于400m的井筒。抽出式通风是用井口的离心式通风机通过风筒将井下污浊空气吸至地面，新鲜空气则从井筒进入井下工作面。该方式最大特点是井内空气清晰，利于测量激光束通过，放炮后短时间内人员即可返回工作面，一般用于深500m左右的井筒。混合式通风方式在抽出式通风方式的基础上，在吊盘上增设一套压入式通风设备，此法通风量大，通风时间短，避免压入式或抽出式通风的缺点，适用于深度及直径大的井筒。

(3)排水，1991年中国国家标准《矿山井巷工程施工及验收规范》规定，立井井筒施工中通过涌水量大于10m³/h的含水层时，应采取注浆堵水措施。当井筒浅，涌水量较小时，可用隔膜泵或潜水泵将工作面积水排至吊桶，由吊桶提至地面排出。当井筒深度在750m以内，涌水量不超过40m³/h时，可用潜水泵将积水排至吊盘上的水箱内，再由吊泵转排至地面。当井筒深度大于750m，井筒涌水量在40m³/h以下又无高扬程水泵的条件下，可用吊泵将吊盘上水箱中的水排至转水站(腰泵房)，再由该处用卧泵或吊泵将水排至地面。当

井筒下面有已经掘好的巷道并具有排水设备时，可在井筒中心钻一泄水孔，将井筒涌水流入巷道内排出可以减少排水设备、简化井筒布置。

(4) 照明，立井施工灯具应照度大，并具有防水、防爆性能。1991 年中国研制成 Ddc250/127Z 型井巷施工隔爆照明灯，容量为 250W，光通量 20500 流明，该灯采用高效的金属卤素为光源，它光效高，显色性好，使用寿命长。在淋水 20m³/h 时，灯具安装在吊盘下方距工作面 16m 处，光轴中心照度 610LX，最暗处照度为 70LX，是中国目前较好的立井照明灯具。

(5) 信号及通讯，1985 年中国研制成 KJTX－SX－1 型煤矿井筒通讯与信号联合装置，该装置由五部分组成。KJTX－K－1 型井口控制台，是信号与通讯集中控制地；KJX－1 型提升机房信号机，是接受井口控制台转发给提升机司机的声光兼备信号并有保留信号的显示装置；KJ－T－1 型井筒通讯机，设置在掘进工作面和吊盘上，能在噪音高达 120db，涌水量高达 20m³/h 条件下保证清晰通话；KJ－X－1 型井筒信号机，设置于井筒掘进工作面、吊盘、地面卸矸台处，是声光兼备信号的发送设备，并有信号监测性能；KDD－1 型矿用电子电话机，设置在井口房、提升机房、调度室等地，它可通过井口通讯信号控制台与井下连通。该装置能适应凿井作业区噪音高、淋水大、有瓦斯的工作环境，通讯与信号系统安全、可靠、清晰、联锁严密，是中国目前使用较好的通讯与信号装置。

参考书目

沈季良、崔云龙、王介峰主编，《建井工程手册》第二卷、第三卷，煤炭工业出版社，1986。

煤炭工业部基本建设司编，《立井施工》，煤炭工业出版社，1984。

《矿山井巷工程施工及验收规范》，中国计划出版社，1991。

（曾　静）

Q

qibao

起爆 (initiating, initiation) 激发炸药使其爆炸的过程。

激起炸药爆炸的能量有热能，机械能和爆炸冲能三种形式。①热能是利用加热作用使炸药起爆，有火焰，火星，电热等形式，工业雷管的起爆即属此种形式。②机械能是通过撞击、摩擦、针刺等机械作用使炸药分子间产生强烈的相对运动并在瞬间产生热效应使炸药起爆，这种形式多用于兵器而在工程中很少应用。③爆炸冲能是利用炸药爆炸产生的爆轰波及高温高压气体产物流的动能来起爆另一炸药，如利用雷管的爆炸能起爆炸药，这是工程爆破中广泛采用的起爆形式。炸药在外界能量作用下发生爆炸的难易程度称为炸药的感度，炸药对不同形式的起爆能具有不同的感度，炸药感度愈高，需要的起爆能愈小，反之则大。

在外界能量作用下能否使炸药起爆，不仅取决于起爆能量的大小，而且还取决于能量的集中程度。炸药起爆机理依不同形式的起爆能有热起爆理论、机械起爆理论和爆炸冲能起爆理论。①热能起爆理论的基本观点是在热能作用下炸药产生放热分解，在单位时间内放出的热量大于热传导所散失的热量，炸药中发生热积累，使炸药温度不断升高，同时放热量随温度变化率超过散热量随温度变化率，引起反应速度加快和导致爆炸。②机械能起爆理论的基础是灼热核学说(热点理论)，当炸药受到撞击、摩擦等机械作用时产生的热来不及均匀地分布到受作用的炸药各部分而是集中在个别点上，(如个别晶体棱角处或微小气泡处)首先被加热到爆发温度而发生爆炸，继而引起附近形成新的灼热核，呈连锁反应迅速传播，在极短时间内完成全部爆炸过程。这种温度很高的微小区域称为灼热核。灼热核形成的原因有炸药中微小气泡被绝热压缩（如含水炸药的浆状炸药、乳化炸药)和炸药颗粒间或炸药分子和炸药中添加物之间的强烈摩擦（如混合炸药的铵梯炸药)。灼热核形成到产生爆炸所必须具备的条件是：灼热核的温度不低于300～600℃；半径足够大(10^{-6}～10^{-5}cm)；具有足够的热量($q\geqslant 4.18\times10^{-8}$～$4.18\times10^{-8}$J)；作用时间在$10^{-7}$s以上。③爆炸冲击能起爆理论认为在不含气泡，结构均匀的液体炸药或本质固体炸药的均相炸药中的爆炸反应是由于瞬间爆轰波(强冲击压缩)作用下使一薄层炸药温度均匀地突然升高使某些活化分子在10^{-8}～10^{-7}s时间内首先发生爆炸反应，该反应取决于临界起爆压力P_k。不同炸药的P_k值不同，密度为1.6g/cm³的硝化甘油炸药的$P_k=8.5\times10^{10}$Pa，而密度为1.8g/cm³的黑索金炸药的$P_k=10\times10^{10}$Pa。对于非均相炸药（含气泡、粒状、混合炸药）的爆炸反应的发生不是由于薄层炸药的均匀灼热而是由于个别点处形成高热反应源所致，是从局部热点扩展开的，所需P_k值较均相炸药小。

在工程爆破中为使所有炮孔、硐室的装药起爆主要是采用雷管(或导爆索)的爆炸能起爆，其起爆方法有电力起爆法和非电力起爆法两种。非电力起爆法有导火索起爆、导爆索起爆和导爆管起爆等。在有瓦斯、煤尘爆炸危险的环境和煤矿井下主要采用电力起爆法，禁止采用非电力起爆法。起爆方法应根据环境条件，爆破规模、安全可靠、技术经济效果和工人技术水平等因素选择。

起爆药卷 装有雷管或导爆索用以引爆全部装药爆炸的药卷(包)。工程爆破中采用的有起爆药卷，起爆药柱(中继药包)和起爆体三种：①起爆药卷是在具有雷管感度的炸药卷内插入雷管而构成，其规格、成分和工程中使用的炸药一样；②起爆药柱(中继药包)是在露天深孔爆破中采用感度低的炸药(如铵油炸药。浆状炸药)雷管不能直接引爆时，需要采用由泰安、梯恩梯、黑索金等高感度炸药制成的起爆药柱引爆，起爆药柱一般直径为(70～90)mm，高(90～100)mm，它本身可以用雷管或导爆索首先起爆，然后再引爆孔内全部装药；③起爆体用于起爆硐室爆破使用的低感度炸药，用10～20kg梯恩梯或2号岩石炸药和2～4个雷管或导爆索装在特制木箱内构成，另有一种是将捆结的导爆索装入一袋或一箱感度较高的散装药内构成。

导爆索起爆 通过导爆索的爆轰引爆各装药点药包爆炸的方法。导爆索本身的起爆可用雷管或继爆管完成。

导爆索起爆网路包括主干索、支干索和引入各个深孔和药室中的引爆索。联接方式有开口网路和环行网路两类：①开口网路有串联、簇并联和分段并联法，当药包分散时用串联，药包集中时用簇并联或分段并联网路。分段并联导爆索消耗量较少、适应性强，得到较广泛的应用；②环形网路（双向分段并联）是一种闭口网路，特点是各个深孔或药室中的引爆线可以接受从两个方向传来的爆轰波，为使导爆索能接收两个方向传来的爆轰波，导爆索与支干索、支干索与主干索之间采用三角连接或“T”型连接，起爆可靠性大，但导爆索的消耗量多。

由于爆轰波的作用力在传播方向上最强，与爆轰波传播方向成夹角的导爆索方向上，起爆能力会减弱，减弱的程度与此夹角大小有关。敷设导爆索网路时，应避免打圈或折成锐角。导爆索与导爆索之间的连接方式有搭接、孤接、水手接、T型接和三角形连接等多种。其中搭接应用最多，为保证传爆可靠，搭接部分的长度应大于15cm，支干索与主干索搭接时，其接头应朝向爆轰波的传播方向，夹角应大于90°。

导爆索起爆法操作简单、安全可靠，可以使成组装药的深孔和药室同时起爆，当网路中接有继爆管时也可实现毫秒起爆，不受外来电的影响。但成本较电力起爆法高，起爆前无法用仪表检查网路联接质量，实现多段毫秒爆破比较困难。这种起爆方法适用于深孔爆破、硐室爆破和光面预裂爆破。普通导爆索不能用于有瓦斯和煤尘爆炸危险的矿井。

导火索起爆 利用导火索燃烧产生的火花引爆雷管并进而引爆药包的起爆方法。导火索起爆所需的起爆器材有火雷管、导火索及点火材料（点火绳、点火棒、点火筒）等。

导火索长度根据炮孔深度、数目、安全撤离时间和点火人员的技术水平而定，并保留一定储备系数，最短不小于1.2m。导火索插入火雷管的一端要切割平整，并使之连接牢固。点燃导火索必须采用导火索段或专用点火器材点火。点火方法有逐个点火法、铁皮三通一次点火法、电点火法和点火筒点火法：①逐个点火法是按炮孔起爆顺序逐根点燃各炮孔导火索、可利用点火绳、点火棒和自制点火索段点火，操作简单，但工作面炮烟大，一人连续点火根数，地下爆破不超过5根（组），露天爆破不超过10根（组）；②铁皮三通一次点火法是切取一定长度的导火索作为主导火索，然后每隔一定距离割一个楔形切口露出药芯，将铁皮三通对准切口卡在主导火索上，再把需要点燃的导火索末端按预定的起爆顺序插入三通并卡紧，然后点燃主导火索，便可依次引燃各炮孔导火索；③电点火法是借助电力点火帽或电点火筒点火，它利用通电后桥丝发热点燃引火球再引燃导火索，起爆前只需将导火索插入点火帽并卡紧，再将导电线引至安全地点通电点火；④点火筒点火法是按点火顺序将每根导火索剪成两两相差50mm，剪好后将端部对齐，同时加入一小段导火索作点火引线，将一束对齐的导火索插入到点火筒中主药饼表面，点火时只点燃点火引线即可。

导火索起爆方式、操作简便、成本低廉，但在爆破地点点火不够安全，且无法用仪表在起爆前检查网路质量，不能精确控制起爆时间和延期时间。导火索起爆主要用于地面开山修路、农田水利建设小型露天矿浅孔爆破、二次破碎和裸露爆破中。

导爆管起爆 导爆管类似于导爆索，其作用是传递爆轰波，不过它传递的是低速弱爆轰波，不能直接起爆炸药，只能起爆炮孔（或硐室）装药中的雷管，再由雷管的爆炸引爆装药。导爆管起爆系统由击发元件（可以是起爆枪、激发笔、雷管、导爆索）、连接元件（连通管、带雷管的连接块，四通连接器，传爆雷管等）和引爆孔内或硐室内炸药的雷管（称工作元件）所组成，并通过连接元件可构成串联，并联以及孔内延期，孔外延期等导爆管爆破网路。

导爆管起爆法从根本上减少了外来电干扰而引起事故的隐患。一次引爆的雷管数不受限制，在工程上已实现数千个炮孔导爆管一次起爆，并可实现多段，或等间隔高精度的毫秒爆破，方式灵活、简便，在拆除爆破，露天深孔爆破以及隧道等工程上得到广泛应用。存在问题是，不能用于有煤尘、瓦斯爆炸危险的作业场所，不能用仪表检测网络连接质量，高寒地区导爆管容易硬化，起爆感度下降。

电力起爆 电能引爆电雷管然后引起药包爆炸的方法。

起爆电源是供给电力爆破网路准爆电流的能源，主要有照明或动力线路和发爆器两类。在采用照明线、动力线作起爆电源时需在安全地点设置放炮开关。在立井施工通过含瓦斯煤层时，必须用毫秒限时开关，或改用发爆器起爆。采用电池和蓄电池作起爆电源，为满足一定爆破网路需要，可将电池并联，以增加输出电流，增强起爆能力。发爆器是应用最广泛最方便的起爆电源。

电力起爆工艺包括起爆药包制备、装药、填塞、网路敷设、导通检查和通电起爆。起爆药包制备前，首先要逐个检查雷管的电阻选出电阻值相近的雷管，以保

证起爆的可靠性。网路敷设要牢固、连接紧密、导电性能良好、绝缘可靠。当电爆网路连接完毕后，必须对网路进行导通检查，即用导通仪测定整个网路或某一段的电阻值与设计计算的电阻值进行对比检查，实际电阻值与计算的电阻值允许误差应在±10%之内，相差太大，表明网路中发生了短路、断路、漏连和漏电等故障，应及时排除。测量电爆网路和电雷管的导通仪必须是爆破专用爆破线路电桥和爆破欧姆表，不允许使用普通电桥、欧姆表或万能表，中国使用最多的是205型线路电桥和爆破欧姆表。整个电爆网路通过导通检查确认合格后，才准将主线与电源开关联接，准备起爆。

电磁起爆 分电磁感应起爆和电磁波起爆两种方式。

电磁感应起爆 起爆系统由小型起爆电源发爆器输出高频脉冲电流，经过爆破母线和辅助母线，辅助母线穿过电磁雷管脚线缠绕的磁环中心使环形脚线中产生的感应电压而起爆雷管。特点：全系统无裸露导线，消除了因直流杂散电流可能引起的意外早爆危险；带磁环的电雷管只接受发爆器输出的一定频率的交流电，对工频电和其它频率的交流电不发生作用，消除了交流电源产生的杂散电流可能引起早爆的危险；全系统完全绝缘，不因接头不良或漏电而造成瞎炮事故，消除了装药时产生静电使雷管意外爆炸的可能性；不必进行网路计算，系统简单，便于检查。由于这一系统抗外来电的安全性大，扩大了电力起爆的应用范围，是一种有广泛发展前途的起爆系统。国外已采用了这一系统，中国也研制成功了QB－1型等高能电磁感应起爆系统，比国外起爆能力强，而且配备了不与电爆网路和雷管接触的无触点检测仪，系统更加安全可靠。

电磁波起爆 为实施水中大规模遥控爆破而研制的方法，它由振荡器、环形天线、接受线圈和起爆元件组成。振荡器和环形天线连在一起，用浮子悬浮在爆破区域水面，接受线圈和起爆元件装成一体设在炮眼口。起爆时，先接通振荡器，它所产生的低频交流电流流过环形天线时便会形成交变磁场，在接收线圈中产生感应电动势，经整流器整流后变成直流电，并向电容器中充电，电压达到电容器的额定值时，停止充电，电子开关闭合，将电容器与电雷管接通，雷管和炸药爆炸。起爆系统采用550Hz低频，因而发射机构比较简单，成本较低；接受线圈内不需装电池，起爆完全靠强力电磁波经检波器积分形成电压积聚，结构简单，安全可靠；穿透力强，在海水中可达100m。缺点是天线太长，且需浮在水面，施工灵活性差；接受线圈的抗干扰能力差，水下存在强电场时，可能引起误爆，需要产生强力电磁波，对发射机的功率要求大，因而机身笨重，移动不便。适于水下爆破施工。

参考书目

王文龙编，《钻眼爆破》，煤炭工业出版社，1984。

中国力学学会工程爆破专业委员会编，《爆破工程》，冶金工业出版社，1992。

（王树仁 杨永琦）

qibi

砌壁 (shaft walling) 立井井筒进行永久支护作业的总称。在凿井工程中，砌壁是构成立井井筒不同施工作业方式的重要因素，直接影响着井筒的成井速度、效率、质量、成本和施工安全。根据筑壁材料和井壁结构不同，砌壁方式有砌筑式、浇筑式、喷射式和装配式。

砌筑式是用水泥砂浆将料石、砖或混凝土预制块砌筑成型。这种砌筑方式工人劳动强度大，难于机械化施工，井壁整体性和封水性差，现已很少采用。

浇筑式是将地面搅拌好的混凝土，通过悬吊在井筒内的钢管或专用材料吊桶，输送到模板内浇注成型。钢管输送混凝土时，要严格控制混凝土的水灰比，下料前先输送水泥砂浆，避免混凝土浆液附着在管壁上，使混凝土料浆离析。浇筑式砌壁成型规整，便于机械化施工，井壁的封水性好，抗压强度和耐久性高，应用最普遍。在井筒穿过不稳定土层、断层带或厚煤层等围岩压力大和不均匀的地段，一般在混凝土内加配钢筋称钢筋混凝土井壁。

喷射式是将混凝土材料通过喷射机直接喷在井壁围岩上而形成永久井壁的方法，主要在淋水不大、比较稳定的岩层中采用。在软松软的岩层中还可配以金属网、锚杆等构成联合支护结构。喷射混凝土的干料用钢管送到井下工作面，喷射方法与巷道喷射混凝土支护方法相同。

装配式是将地面预制好的钢筋混凝土大型弧板运送到井筒内装配成筒形支架（又称丘宾筒）和向壁后注浆的作业。这种砌壁方式便于实现机械化施工，弧板的强度和防水性能较高，井壁质量易保证，但弧板加工和安装机械化水平要求较高，中国极少采用。

（史天生）

qibi moban

砌壁模板 (shaft walling form) 浇筑混凝土井壁成型的结构物。

按制作材料不同模板分为木模板、金属模板和钢筋混凝土模板；按组合和作业方式不同又分为装卸式模板、整体活动式模板和整体滑升式模板等。中国主要

使用木质、金属装卸式模板，门轴式、伸缩式和液压脱模式金属整体活动模板，金属整体液压滑升式模板。砌壁模板的组合与作业方式，结构特点和使用条件各异，但基本构件相同，都有圆弧形型钢或木骨架、金属或木质圈板，金属整体模板还有脱模装置、悬吊提升或滑升装置等。模板结构及其性能对提高劳动效率、提高井壁质量、缩短工期、降低工程造价和确保施工安全都具有重要作用。

绳捆模板 由骨架圈、支托模板、活动模板和钢丝绳组成，见图1。模板有木质和金属两种。骨架圈是主要承载构件，由12～18号槽钢制成弧形构件，每圈4～6根，在井下拼装成圈，圈距1～1.5m。支托模板上端设置支托，用以支托上层骨架圈。活动模板用木板或槽钢制成，插装于上、下骨架圈之间，借助钢丝绳及拉紧螺栓束紧成为整体圆筒。模板的安设顺序：设置下层骨架圈，立支托模板，安上层骨架圈，捆紧钢丝绳，测量找正骨架圈，将活动模板插入钢丝绳圈内及上下骨架圈间。当砌壁混凝土浇灌至钢丝绳处，拆除钢丝绳继续浇灌。该模板不受砌壁段高限制，可逐圈立模，逐圈浇灌混凝土，待整个段高砌壁结束，混凝土养护凝固后，再拆除模板。模板制作简单，装卸方便，立模时间短。中国用这种模板曾日砌混凝土井壁23.3m。

钢模板 由角钢作边框，表面焊以钢板的弧形板组成的圆筒形模板。弧板高一般为1m，重约60kg，根据井筒直径确定弧板块数、弧板之间用螺栓联接。为装卸方便，每圈模板有两块斜口弧形板和一块楔形小弧板。装配式金属模板：见图2。模板在工作面矸石上或在吊盘上架设；自下而上逐圈安装灌筑混凝土，不受段高限制。它使用可靠，易于操作，复用率高，井壁成型好，封水性强，使用较广泛，但立模、拆模费时、劳动强度大。

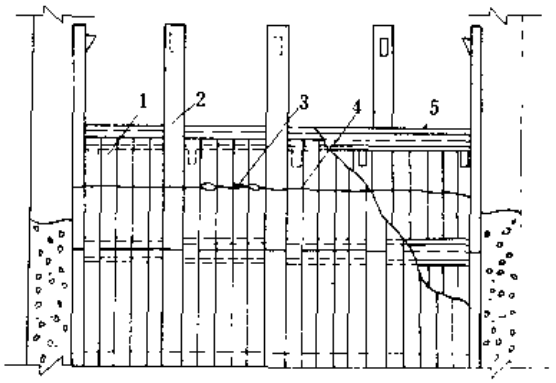


图1 绳捆木模板图

1—普通短模板；2—支托骨架三为长模板；3—钢丝绳拉紧螺栓；4—φ6～9m钢丝绳；5—12～18号槽钢骨架圈

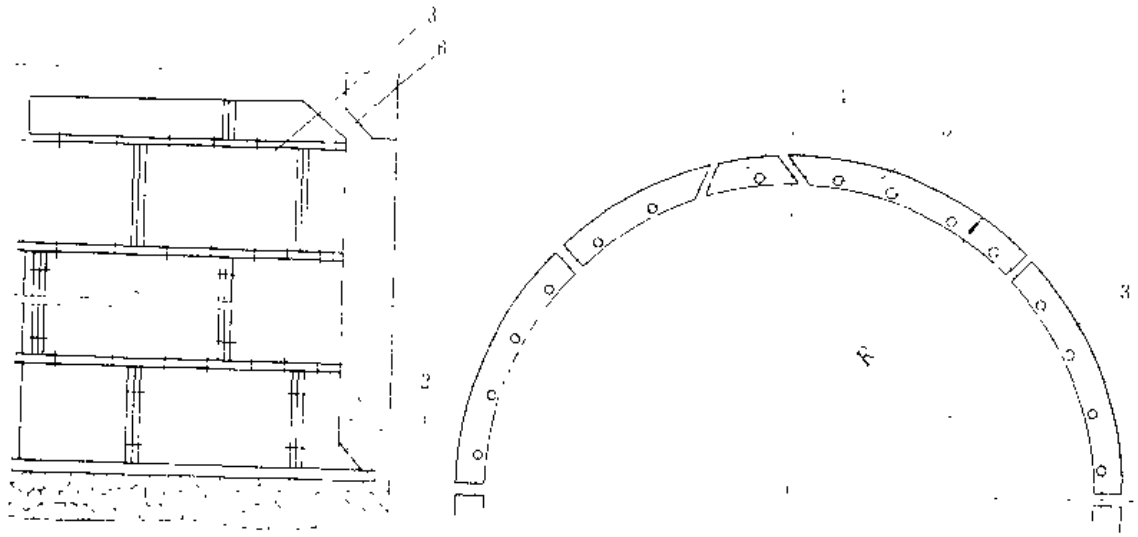


图2 装配式钢模板

1—底模板；2—斜面底圈或三角木块；3—金属模板；4—楔形模板；5—斜口模板；6—接茬模板

木模板 由骨架圈和模板组成。模板钉于木制骨架圈上，根据井筒直径由数块高1m，厚50mm的弧形模板拼结而成圆筒，弧板间用联接板和螺栓联接。模板在工作面岩堆上或在吊盘上架设，自下而上逐圈安装模板和灌注混凝土，不受段高限制。它操作简便，但木材消耗量大，复用率低，中国已极少使用。

钢筋混凝土模板 用钢筋混凝土预制的弧形薄板，在井筒工作面组装成圆筒形的模板。一般板高1.0m，弧长1.2m，厚25mm，重约110kg。弧板之间用插销联接，用专用起重设备吊装。浇灌混凝土时起模板作用，浇灌后与现浇混凝土结为一体，成为永久井壁的一部分，只有立模而无拆模工序。该模板重量大、搬运不便、容易损坏、需用专门的起重设备吊装、成本较高，未得到广泛推广。

滑升模板 由圆筒模板、操作平台和提升机具三部分组成。施工时，在操作平台上浇灌混凝土，提升机具带动圆筒模板和操作平台慢速向上滑升。用液压整体滑升模板施工示意图见图3。

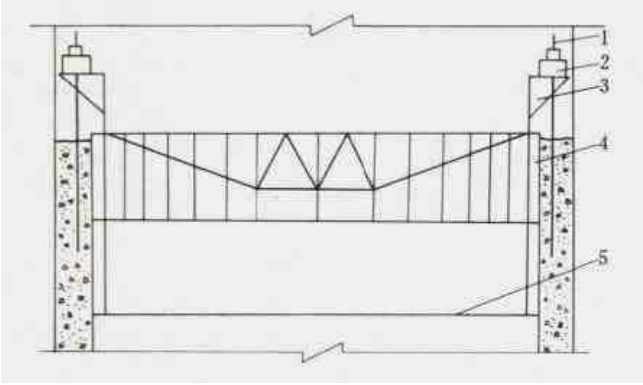


图3 用液压整体滑升模板施工示意图
1—爬杆（内爬杆）；2—液压千斤顶；3—提升架；
4—模板；5—操作平台

圆筒模板 用钢板作围板，角钢作边框焊接组装的圆形金属筒，它有可调式和固定式两种。前者可收缩变径脱模，既能整体上滑，又能收缩下放，以适应分段进行浇注混凝土井壁的要求。后者不能变径收缩下放，只能整体滑升，它整体性好，不易变形。为了减少圆筒模板滑升阻力，圆筒上口直径稍大于下口，保持0.2～0.5%的锥度。模板高度一般为1.2～1.6m，它根据浇注速度、滑升间隔时间以及混凝土脱模强度要求而定。混凝土的脱模强度应为0.05～0.25MPa。

操作平台 由钢梁和钢板加工而成，并安装在提升架上，是浇注混凝土的工作台。为了存放机具，检查和修补脱模的壁体，操作平台下方吊有辅助盘。

提升机具的动力 有液压千斤顶、凿井绞车、丝杠千斤顶和电动葫芦等。图3是使用较多的液压千斤顶整体滑升模板。凿井绞车提升整体滑动模板是由地面凿井绞车的钢丝绳牵引模板向上滑动（图4）。这种提升装置用柔性钢丝绳传力，弹性变形大，模板滑升不平稳，不宜在深井施工中使用。

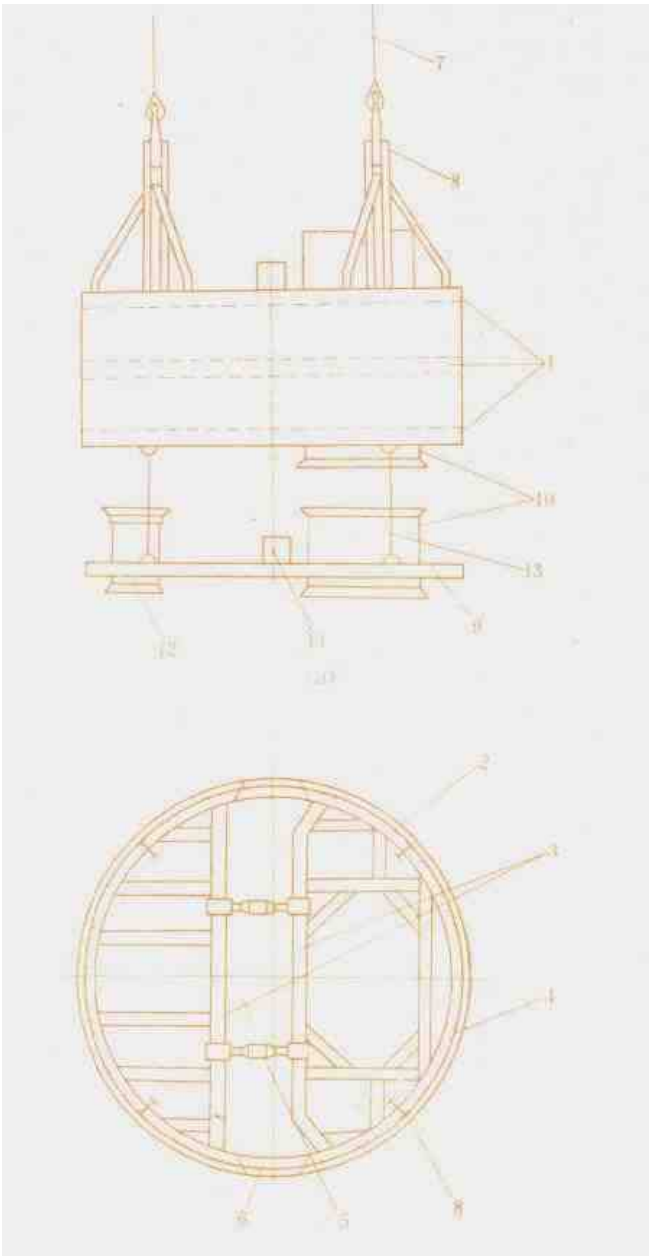


图4 整体滑升模板（凿井绞车提升）
1—模板骨架圈；2—围板；3—模板主梁；4—模板竖向撑；
5—伸缩螺杆；6—脱模小门；7—悬吊绳；8—悬吊立柱；
9—滑模检查盘；10—喇叭口；11—中心激光孔；
12—风筒孔口；13—挂绳

液压滑升模板 由提升架上的液压千斤顶，沿爬杆（又称支承杆）向上爬升的圆筒形模板。提升架是主要受力构件，由立柱和横梁焊接而成。立柱承受模板、操作平台和辅助盘传来的载荷。横梁用于安装滑升液压千斤顶。爬杆一般用圆钢制作，螺扣连接。根据爬杆安设位置不同，分为内爬式（图3）和外爬式（下页图5）。前者爬杆设在井壁内，下端埋于混凝土中作为井壁

结构的钢筋，上端穿过千斤顶，随着模板滑升逐根接长，滑升时爬杆受压，又称压杆式。它适用于自下向上浇注立井冻结段混凝土内壁。后者，爬杆上端固定在吊盘的圈梁上，滑升时爬杆受拉，又称拉杆式。它适用于自下向上浇注立井基岩段混凝土井壁。爬杆由液压千斤顶的中心通过，千斤顶只能上升，不能下降。通过控制供油系统使千斤顶的上、下卡头交替紧锁爬杆、实现缺体和活塞交替上升同时带动滑模整体滑升。液压千斤顶与提升架沿吊盘圆周均匀对称布置，间距一般为1.2～1.8m。

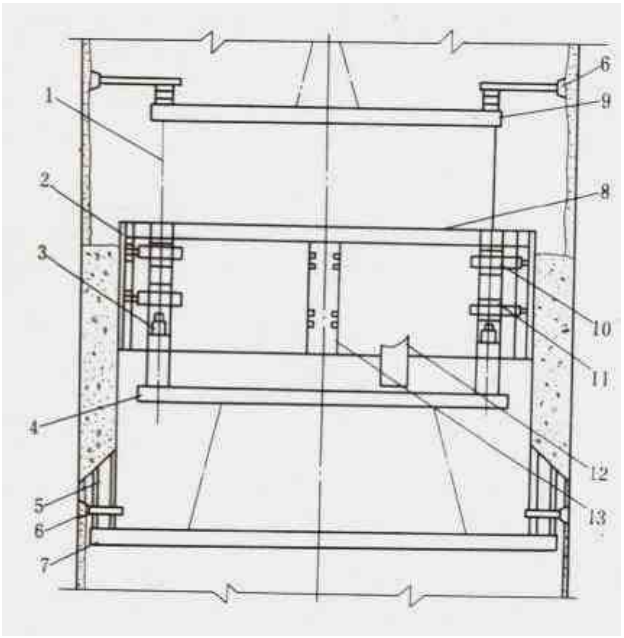


图5　外爬式液压滑升模板示意图

1—φ25mm 爬杆；2—滑升模板；3—液压千斤顶；4—滑模辅助盘；5—刃脚模板；6—手动千斤顶；7—吊盘固定盘；8—滑模工作盘；9—固定盘；10—顶紧支撑；11—顶架；12—液压控制柜；13—松紧装置

砌壁时，先浇灌100mm厚的砂浆或骨料减半的混凝土，再分层浇灌总厚700mm左右的混凝土，经试滑1～2个行程（30～50mm），观察无异常现象，即可进行正常滑升。正常施工时，严格分层对称灌筑混凝土，连续作业，分层厚度300mm为宜，滑升间隔时间不超过1小时。停止浇筑混凝土时，每隔0.5～1.0小时滑升1～2个行程，直至模板脱离混凝土为止。

金属整体活动模板　又称金属整体模板，由圆筒围板、型钢骨架圈、脱模装置和悬吊装置组成。施工时，在工作面矸石上或吊盘上立模，浇灌混凝土，待模板全高浇筑完后，变径脱模，整体向下移放，如此往复循环，实现筑壁。

根据脱模装置的动作原理和结构型式，金属整体活动模板分为门轴式和伸缩式两种。

门轴式金属整体活动模板　圆筒模板由数块弧形板用螺栓组装而成。弧形板用槽钢作骨架圈，钢板作围板，角钢作加强肋焊接而成。圆筒模板分成两大扇，用铰链相接，其中一扇设脱模门，与另一扇斜口接合，借助销轴将其销紧，呈整体圆筒形结构。脱模时，拉开脱模门，模板沿轴转动收缩。模板下部设有刃脚，用以形成井壁接茬斜面，上部设若干个浇灌门，均布于圆筒的

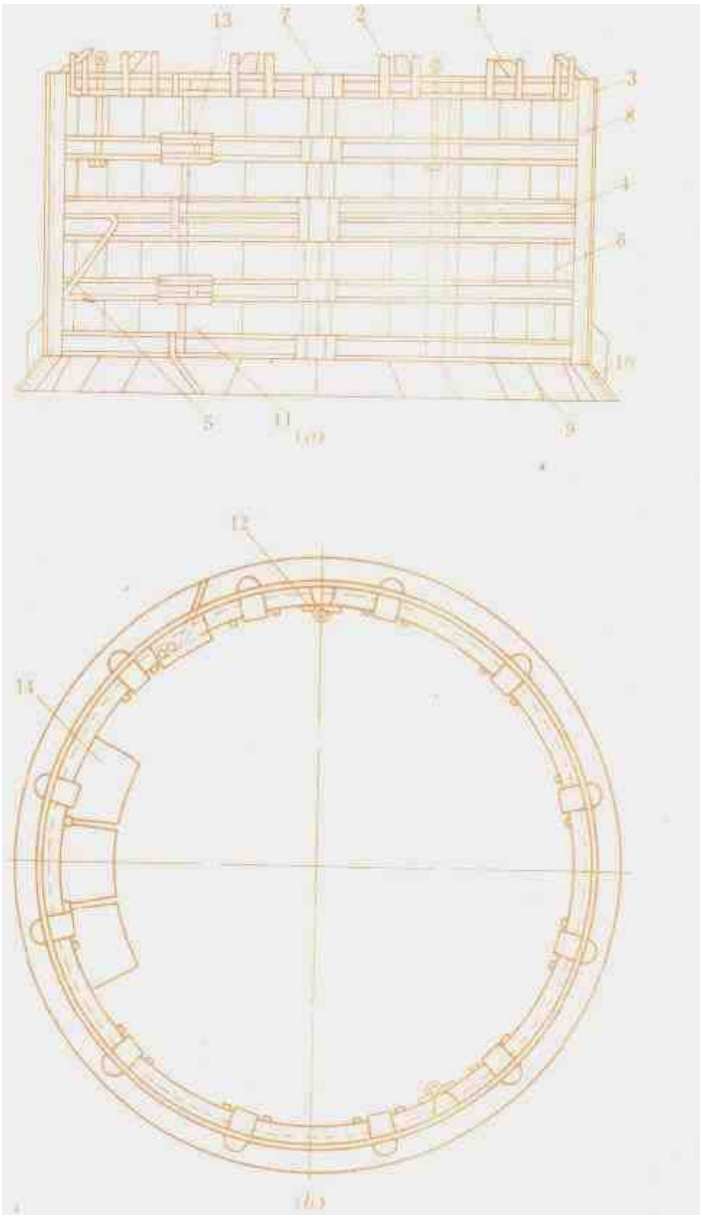


图6　门轴式金属整体活动模板

1—浇灌门；2—楔紧架；3—钢围板；4—槽钢圈；5—工作台支撑；6—加强角钢；7、12—铰链；8—连接扁钢；9—刃脚加强肋；10—刃脚；11—脱模门；13—脱模门联接槽钢；14—工作台板

四周，待下段井壁混凝土浇筑至上段井壁接茬斜面时，最后注满浇灌门，关闭浇灌门并楔紧，保证井壁接茬密实，见上页图 6。模板高度为掘进循环进尺的整倍数，一般为 2～4m，最高达 6m。为便于砌壁操作，模板上附设简易活动工作台，掘进时，台板拆落收起。为了防止圆筒模板变形，增强整体刚度，可全用槽钢焊接成圆筒模板。

伸缩式金属整体活动模板 主要结构与门轴式整体活动模板基本相同，区别是脱模装置不同。它不设脱模门，而靠伸缩式脱模装置，实现模板收缩脱模和撑开立模，见图 7。通常在两扇模板间，上下对称布置二组

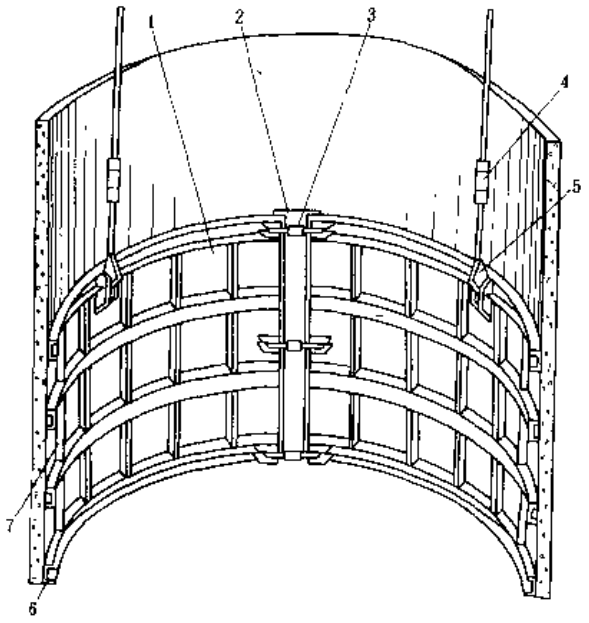


图 7　伸缩式金属整体活动模板

1—模板；2—楔头弧形板；3—伸缩螺栓；4—悬吊绳调节螺栓；5—悬吊装置；6—模板骨架圈；7—模板加强边

伸缩式脱模装置。模板的伸缩方式有搭接式、双楔螺杆式、插板式和立式液压伸缩式等。搭接伸缩式，模板靠旋转可调螺杆，使其收拢脱模和撑开立模（图 8）。双楔螺杆式，靠活动钢楔和扭转螺栓实现模板的伸缩（图 9）。插板式，靠脱模门启合手把，拉出和推进插板，再旋动螺杆实现模板的伸缩（下页图 10）。立式液压伸缩脱模装置，由上、下斜拉杆、连接直杆、支撑牛腿、伸缩拉杆、胀模和收模千斤顶组成，见下页图 11，靠千斤顶伸缩实现模板的伸缩。

金属整体活动模板通常用 3 至 4 根钢丝绳用地面凿井绞车悬吊，亦可用设在吊盘上的气动绞车或手动葫芦悬吊。该模板主要用于立井混合作业时，工作面随

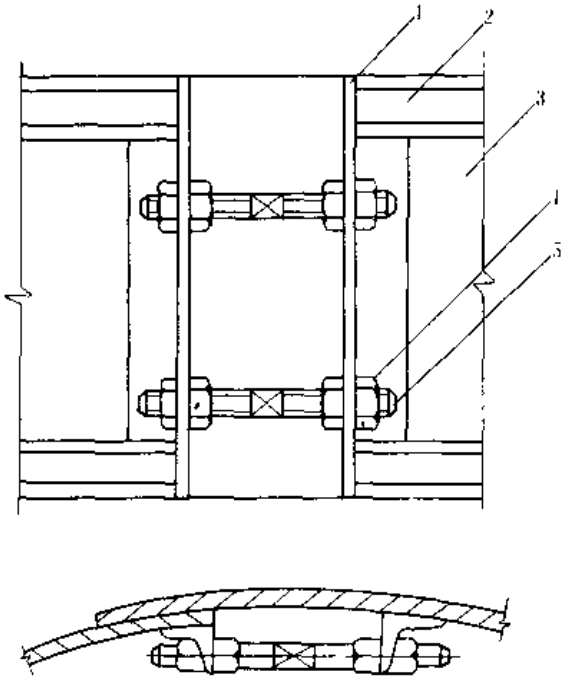


图 8　搭接式

1—接缝角钢；2—槽钢圈梁；3—模板；4—螺帽；5—反正扣螺杆

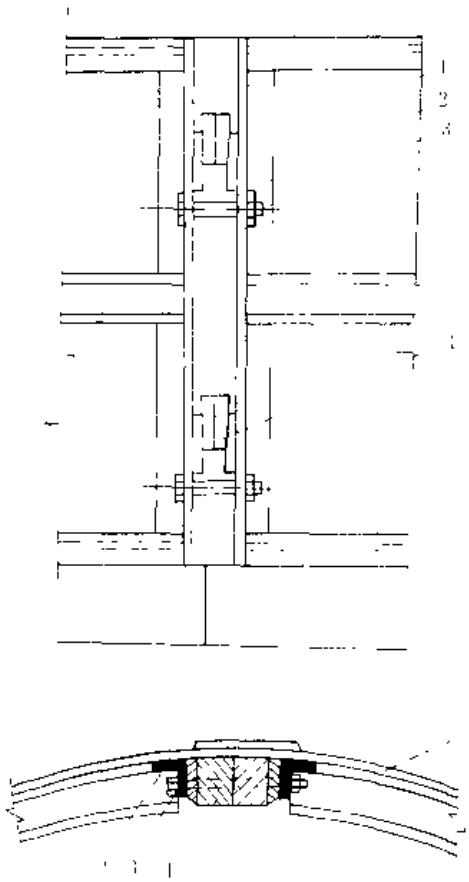


图 9　双楔螺杆式

1—模板；2—角钢；3—螺栓；4—钢楔

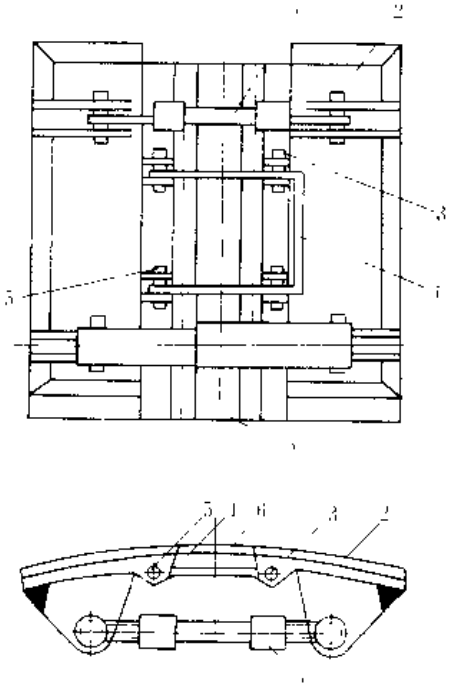


图 10　插板式
1—伸缩螺杆；2—模板；3—销钉；
4—脱模门启合手把；5—铰链；6—脱模门

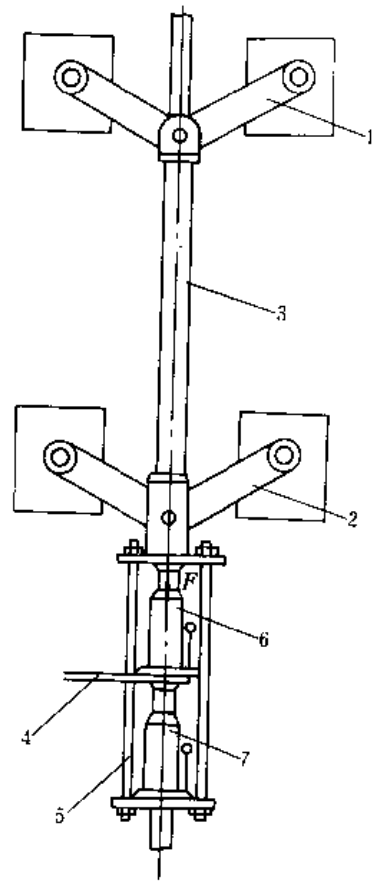


图 11　立式液压伸缩式
1—上部斜拉杆；2—下部斜拉杆；3—连接立杆；
4—支撑牛腿；5—伸缩拉杆；6—张模千斤顶；
7—收模千斤顶

掘随砌，取消了临时支护。

碹胎　砌碹时用以支撑模板的骨架，用木材或金属制成。砌拱时，它承受巷道拱部砌体的重量和破碎、变形岩体的压力。碹胎依据架设时有无支承立柱，分为有腿碹胎和无腿碹胎两种。

木碹胎　一般用两层或三层木板钉合成拱形碹胎骨，用方木作斜撑、直撑和横梁，大型碹胎可从中间分为两块在井下拼装（图 12）。架设碹胎间距一般为 1m，为增强纵向稳定，用拉杆联接或方木撑紧。模板铺设在两碹胎之间，由碹墙两侧的拱基对称铺放，随铺随砌，最后封顶。

金属碹胎　一般用槽钢或钢轨制作拱形碹胎骨，每架由两节组成，节与节之间用钢夹板和螺栓联接，拱底脚焊接两块钢板垫，以稳定碹胎骨。碹胎架设间距一般为 1m，用圆钢拉钩相互拉紧，增大纵向稳定性。模板通常用槽钢或角钢拼焊制成。碹胎构造见下页图 13。

有腿碹胎的架设顺序：架设立柱，在立柱上纵向放置方木或槽钢作为托梁，核对标高，将碹胎立于托梁上，按中腰线找正，用方木撑紧，或用拉钩拉紧，从两侧拱巷开始对称铺设模板，随铺随砌，最后封顶，见图 12。

无腿碹胎的架设顺序：将工作台的工字钢横梁架

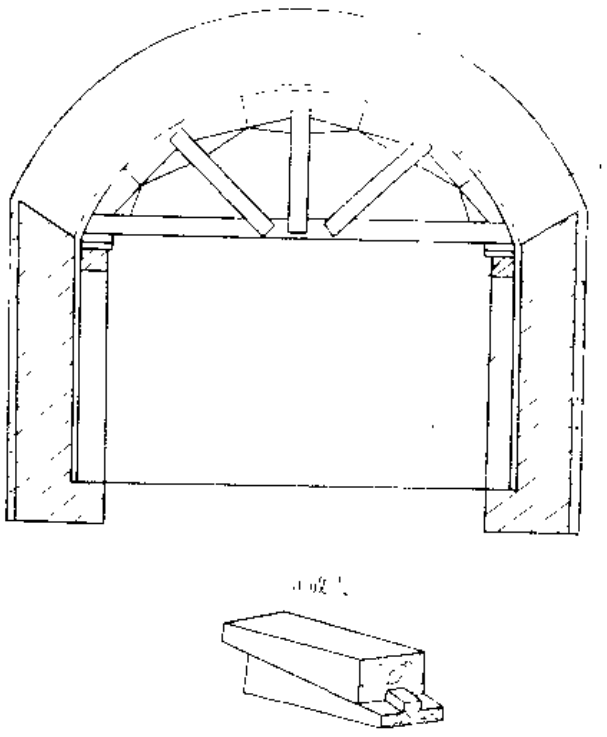


图 12　有腿木碹胎图
1—立柱；2—支承碹胎纵向托梁；3—木碹胎；4—木模板

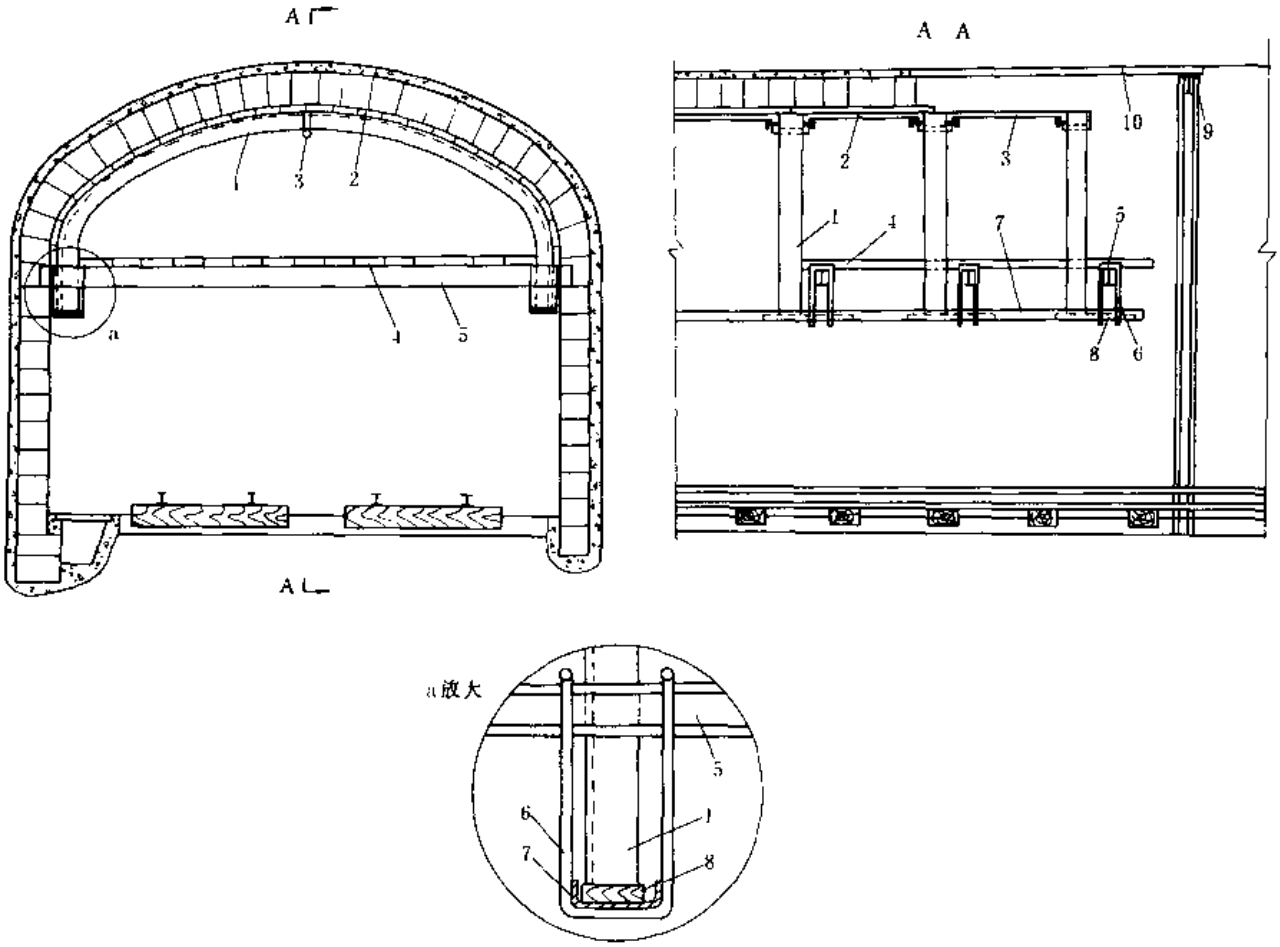


图 13 金属碹胎（无腿碹胎）

1—槽钢碹胎；2—槽钢模板；3—稳碹胎拉钩；4—工作台；5—工字钢脚手架梁；6—碹胎卡子；7—碹胎托梁；8—木垫；9—金属拱形临时支架；10—过顶梁

于两侧墙的梁窝内，高度要不妨碍矿车运行。在横梁的两端挂上U形卡环，将纵托梁穿过U形卡环，找平固定好，把金属碹胎稳放在纵托梁上按中腰线找正，为了便于拆模，碹胎底脚下垫以木板；最后从两侧拱巷开始对称铺设模板，随铺随砌，最后封顶（图 13）。

（史天生）

qixuan

砌碹 （arching） 曾称发碹。构筑拱碹的作业。砌筑材料有混凝土、钢筋混凝土、混凝土预制砌块砖、石等。拱碹是连续的整体式弧形支架，由基础、墙和拱构成，它是一种承压结构，合理的拱形可以减小支架截面内的弯矩。根据巷道围岩压力方向和大小不同，拱碹可选择抛物线形、圆弧形、半圆形和三心拱形结构。侧压大时可将直墙改为曲线状，成为马蹄形拱碹称马蹄拱。底鼓时可增加底拱（又称反拱。在巷道底板设置的、连接两侧墙体或岩体的，拱矢向下的拱碹）构成全封闭的支架。拱可单独砌 在坚硬的岩墙上。为便于施工和提高断面利用率，矿井巷道多采用直墙半圆拱或直墙三心拱（顶部由三段圆弧构成的拱碹）形式。

混凝土和石材有良好的抗压性能。砌碹混凝土标号一般不小于C15，重要硐室工程达C20～C30。拱碹承载能力大，密封、防火性能好，风阻小，服务年限长。矿井主要大巷和有特殊要求的硐室，如中央变电所、泵房、火药库等常用拱碹支护。断面大、地压大且不均匀或含水地层中的巷道，硐室拱碹可采用钢筋混凝土砌筑。拱碹是刚性支架，在地压及收敛变形大的地层中不宜采用。

石灰岩、硬砂岩、花岗岩等石材加工成长方块后称为料石，料石碹砌拱前要铺设模板和支撑模板的碹胎。碹胎和模板多采用型钢或木材制作，要有足够的刚度并可复用。拆模工作应待砌筑砂浆达到规定的强度后（不少于2天）进行。用混凝土预制块砌 筑拱碹的施工方法与料石碹相同。混凝土块重量一般不超过40kg大

型的可达 200～400kg，用料石及预制块砌碹时劳动强度大、效率低，若采用机械手可以提高工效。

用钢筋混凝土预制的大型管片状砌块称为弧板，见图。支护时直接将其拼装成封闭或敞底的弧板支架，它适用于断面大、地压大、无采动影响的巷道。弧板可制成简单的板状结构或箱形(即板肋)结构，宽度0.3～1.2m，弧长不超过 4m。巷道断面 8～20m² 的巷道支架，由 4～6 块弧板构成。弧板间采用有销（螺栓、销钉）连接或弧、槽式拼接，施工时由底到顶分段作业。板缝间嵌填密封材料，弧板与岩壁间应充填密实。铸钢弧板支架主要用于立井或隧道支护。

现浇混凝土（或钢筋混凝土）拱碹施工有立模、浇注、拆模等工序。为减轻劳动强度；大断面巷道支护时可采用机械搅拌、泵送混凝土和移动式模板。泵送混凝土距离可达 60m 以上，混凝土要有较大的坍落度。模板移动由专门的小车完成，模板和小车连在一起，伸开成形，收拢后向前推进。小车也可运送模板和作为立模及拆模的工作台。用盾构法施工的隧道，砌碹可用挤压式混凝土浇注法。支护时模板立于盾尾，随盾构推进而前进，混凝土由管路输送入模，类似滑模施工。由于采用快凝早强混凝土，可以随着盾构前进在盾尾处连续构筑混凝土碹。该法施工速度快，整体性强，自动化程度高。

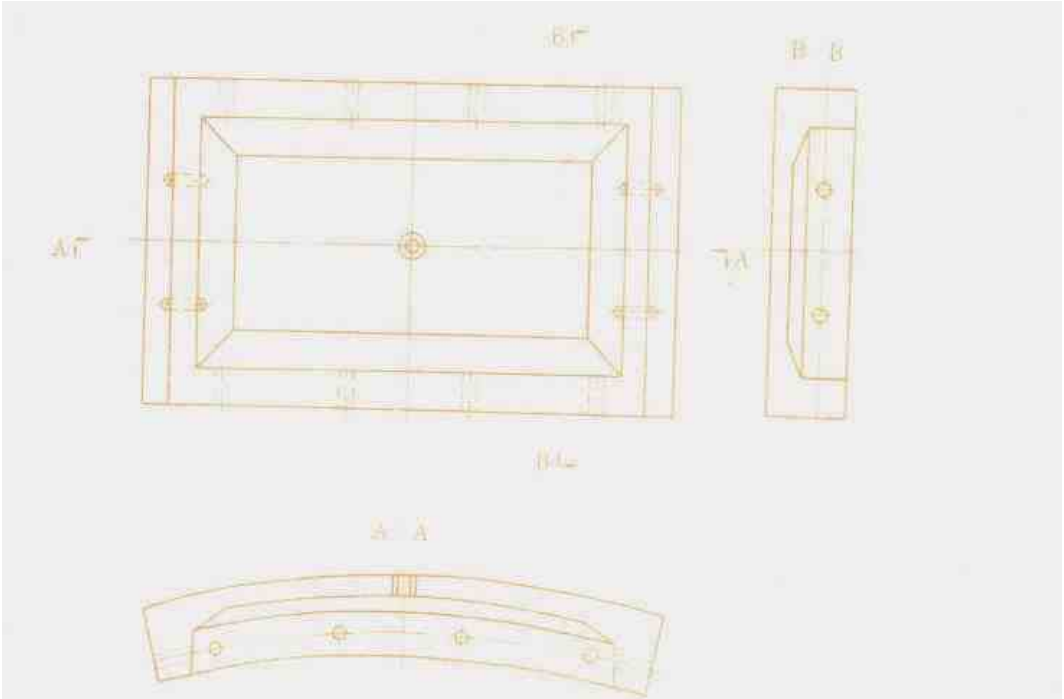
（贺永年）

qianshuibeng

潜水泵 (submersible pump)　浸于水中在水下工作的水泵。它有风动潜水泵和电动潜水泵。

风动潜水泵由滤水器、泵体、工作水轮和风动马达等组成。特点是构造简单，体积小，没有防爆防潮问题，使用比较安全。风动潜水泵流量一般为 10～25m³/h，扬程达 10～70m，工作压力 400～500kPa，耗风量 1.5～4.5m³/min，重量 10～25kg。当井筒涌水量小于 10m³/h，在装岩的同时，用风动潜水泵将工作面的积水排入吊桶，随矸石一起提至地面排出。这种方法设备简单，容易操作，维护方便，成本低，但水泵转动件磨损快、噪音大。当井筒涌水量为 10～50m³/h 时，工作面用风动潜水泵将水排至吊盘上的水箱内，再用吊盘上方的吊泵或设于吊盘上的卧泵转排至地面。这种方法可使混水在水箱中澄清，吊泵只排清水。工作面放炮时可不必升降吊泵，而且不影响伞钻、抓岩机等作业。

电动潜水泵主要由滤水器、泵体、工作水轮和电动机等组成，是一种细长形多级水轮串接的半轴流式离心式水泵。它便于自控和遥控。电动潜水泵运转时可以垂直或水平、倾斜安放，所排水的含砂量不大于 0.05%。电动潜水泵采用密封充油式潜水电机，一般流量为 10～240m³/h，扬程为 10～560m，电动机转速 2900r/min，效率 63%～74%，电动机功率 3～132kW。



弧板结构图

第一级叶轮应浸入水位下1m，高扬程电动潜水泵可代替吊泵；扬程不够时，可采用两台同型号电动潜水泵串联排水。高扬程电动潜水泵的电动机装在下部没在水中，吸水滤水器设在电动机与泵体之间，这样有利于排水管直通井上，但机组总长较大（达4m），因此水箱也须相应加高（一般2.5～3.0m）。

近年掘进工作面排水普遍采用气动隔膜泵。它用压缩空气作动力，通过换向阀控制空气流向，驱动工作腔内的橡皮膜片作往复运动，使腔内交替产生负压或正压，从而达到吸水和排水的目的。它的吸程可达7m，扬程58m，流量15m³/h，最大耗风量2.04m³/min，能吸各种混水，噪音水，也可作为潜水泵。

潜水泵还可以用于生产矿井水仓排水、巷道局部集水地区排水或矿床地表疏干等。矿井出现淹井事故时，电动潜水泵作抢险排水尤为适用。在有瓦斯条件下排水，潜水泵的电动机必须有隔爆性能。为防止立井掘进工作面装药联线时，电动潜水泵漏电引发爆破事故，或提前将工作面排净，水泵临时停用，或改用风动潜水泵。

（汪元垣）

qiubintong

丘宾筒 （tubbing，shaft tubbing） 用钢、生铁或钢筋混凝土制成的带有凸缘和加强肋的弧形板组装的筒形支架。它主要用于围岩压力较大，要求架设后立即承受荷载的立井井筒，国外用的较多，中国仅在个别立井采用过钢筋混凝土弧板支架，见上页图。弧板四围有肋，肋上留有螺栓联接孔，中心留有壁后注浆孔。弧板尺寸通常弧长为0.5π，高为1m，每圈的弧板数为$2D$（D为井筒净径，m）。

弧板组装时用专用吊架送入井内，利用吊盘上的单轨小吊车移向安装地点。用螺栓固定。纵向缝要错开，弧板与井帮间的空间通过注浆或用砂浆、混凝土等材料充填。

（史天生）

R

redian lianchan gongcheng

热电联产工程 (thermal-electric plant)

电厂在生产电能的同时，利用汽轮机作功用过的蒸汽作供热热源的两种能量联合生产的工程设施。该型式的发电厂又称热电厂。

热电联产节能原理 利用在汽轮机内作过功的蒸汽(称乏汽)向周围用户供热，使汽轮机的冷源损失得到有效利用，提高热电合供系统的综合利用效率。典型的热电联产和分产的热力系统和能量平衡(图1)。采用热电联产方式时，获得相同数量电能和热能所耗燃料量比热电分产要减少1/3左右。

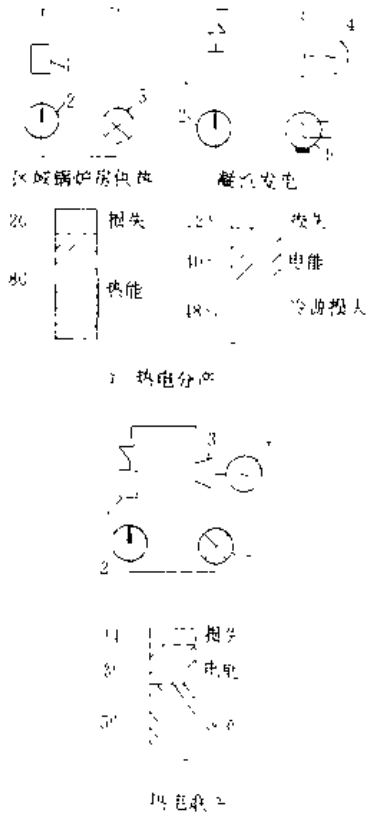


图1 热电联产和分产的热力系统和能量平衡示意图
1—锅炉；2—给水泵；3—汽轮机；4—发电机；5—热用户；6—凝汽器

供热机组类型 热电联产的供热机组绝大多数是汽轮机，目前常用的供热式汽轮机主要有背压式和抽汽凝汽式两种类型。背压式机组的排汽状态和供热量是根据用户需要确定的，发电量取决于热负荷的大小，具有以热定电的特点，适用于担负大型区域供热系统的基本热负荷及稳定的工业热负荷，其原则热力系统(图2)。抽汽凝汽式机组一般有一级或两级不同压力的可调节抽汽口，用以满足工业和民用供热需要，其特点是兼顾发电和供热且电、热产出量互不影响，运行比较灵活，其原则热力系统(图3)。其他类型供热式汽轮机多是以上两种的变形，如抽汽背压式机组和凝

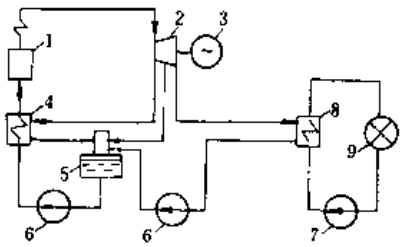


图2 背压式机组原则热力系统
1—锅炉；2—背压式汽轮机；3—发电机；4—高压加热器；5—除氧器；6—给水泵；7—热网循环泵；8—热网换热器；9—热用户

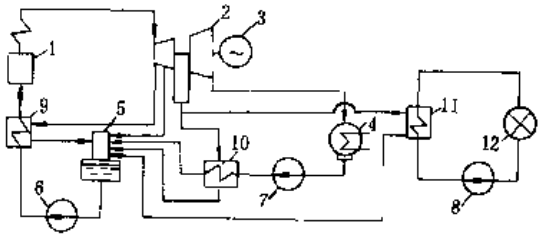


图3 抽汽凝汽式机组原则热力系统
1—锅炉；2—抽汽凝汽式汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—除氧器；6—给水泵；7—凝结水泵；8—热网循环泵；9—高压加热器；10—低压加热器；11—热网换热器；12—热用户

汽式机组低真空运行等。

供热机组的选型 ①根据矿区所在地区气象统计资料绘制供暖、通风热负荷的时间图及热负荷持续时间图；当缺少详细的室外气象资料时，可根据采暖室外计算温度、采暖期天数、采暖期室外平均温度，利用综合公式绘制供暖室外热负荷持续时间图；统计热水供应、工艺过程及生产动力用热负荷数量及用热时间，绘制热负荷持续时间图；将所有热负荷持续时间图叠加为总热负荷持续时间图。②比较热电联产与热电分产所节约的年燃料消耗费用，以节约最大的年标煤耗量所对应的热化系数为基本最佳热化系数。再以基本最佳热化系数为条件，计算采暖尖峰锅炉或减温减压装置工作小时数（nt）与供热机组的年利用小时数（n）的比值 nt/n，根据 nt/n 值，利用热负荷持续时间图最终确定最佳热化系数。③根据最佳热化系数确定供热机组的规模和机型，在保证机组经济稳定运行、负荷率不低于70%的前提下，应优先采用背压机组或抽汽背压式机组，并应考虑热负荷的调节性能，对热负荷变化较大的工况，可采用抽汽冷凝式机组。

发展与展望 1880年美国纽约最先利用热电厂供热。20世纪初，一些国家发展了热电站，实施热电联产，利用汽轮机的抽汽或排汽供热。20世纪50年代苏联热电厂供热机组装机容量占世界第一位。美国从1986年起，积极鼓励发展热电厂供热，已投产的热电厂达10000MW。

中国热电厂是在20世纪50年代配合工业用热需要开始建设的，主要是北京、长春、沈阳、吉林、哈尔滨、西安、抚顺等几个大城市，现有热电厂装机容量9989.3MW。80年代以来，位于东北、华北、华东、西北地区的一些矿区利用低热值燃料建设了一批热电厂，作为矿区或矿井集中供热的热源。中国供热机组除生产排汽压力为0.3～0.98MPa（作为工业用汽）、0.07～0.49MPa（作为采暖抽汽）的中高压机组外，90年代又设计制造了多种型式的高压机组，正在设计研制的单抽汽中间再热式机组最大功率为250MW；双抽汽中间再热式机组最大功率为200MW。冷凝式供热机组发展迅速，一批50～300MW高压、超高压、亚临界冷凝式供热机组正在设计、制造、施工或改造之中。今后的发展：①热电厂供电机组参数的发展应与电网中安装的大型凝汽机组的参数达到同一等级，以提高供热机组的热化份额和热化发电率，从而提高整个机组的热效率；②随着热网供热量的增加，供热机组的单机功率和热电厂的容量也在提高，不仅采用100～200MW以上大容量的单抽调节抽汽机组，而且要采用大容量高效率的双抽调节抽汽机组，特别是采用背压机组和抽汽背压式机组；③采用两级加热系统，机组的电功率比级增加3%～5%，机组的热耗相应降低120kJ/kW·h以上；④采用新型的凝汽器结构降低循环水带走的热损失，现代供热机组的凝汽器中，布置一定数量的热网加热管束，传热面积约为凝汽器传热面积的15%～20%，供热机组既可按纯凝汽工况运行，又可按供热工况运行，当按供热工况运行时，通过凝汽器的热量可以得到有效的回收；⑤调节汽轮机低压缸流量，适应多种工况运行；⑥为解决大容量中间再热供热机组工业用汽过热度太高的问题，多采用从高压缸排汽引出供热蒸汽的办法，国外也有采用将该供热蒸汽送入一背压机，由背压机来供工业用汽，以提高供热机组的热经济性。

（徐明杰）

rengong dongtu

人工冻土 （artificial frozen soil） 用人工制冷方法使温度降到0℃或负温并含有冰的土。不含冰的负温土称为耐冻土。随冻结时间的推移，含冰量不断增加的土称为正冻土，含冰量不变的土称为冻土，含冰量不断减少的土称为正融土。各种冻土均是由土、矿物颗粒、冰、水、未冻土、空气及杂质等组成的多相混合物，具有各向异性、不均质性和流变特性。

土冻结时有一个传热、传质、传电荷的复杂过程且伴随有水分迁移、聚冰冻胀及物理力学特性的变化。冰在冻土中起胶结作用，使土的强度提高；但在相当低的负温下，冻土中仍会存在部分未冻水，它与冰处于动平衡中，其数量又制约着冻土特性的变化。

未冻水 在负温下土中未发生相变结晶成冰的水。它同土性、颗粒组成、温度和压力有关，其含量对冻土的热学参数、强度和蠕变有极大影响。

土中水处于重力和土颗粒表面电场力共同作用下，依受到的电场力大小有自由重力水、毛细管水、弱结合水和强结合水之分。重力水和毛细管水在0℃时结冰；弱结合水在-20～-30℃才可全部结冰；强结合水甚至在-70℃时仍可不发生相变，土中细颗粒成分越多，强结合水含量就越多。从土质成分和阳离子结构及交换能力观测：未冻水含量以蒙脱石粘土最多，水云母粘土次之，高岭土粘土最少；蒙脱土为铁离子饱和的比钠离子饱和的未冻水含量多；未冻水通常随温度下降而减少，但影响程度同土性有关，粘土在0℃～-7℃时未冻水随温度下降急剧减少，而砂在-0.5℃以下时，未冻水含量即少有变化。未冻水含量还随土中含盐量的增加而增加。

土的起始冻结温度 在负温下，土中水由过冷跃

变至稳定冻结的温度。土的颗粒越细，自由水越少，起始冻结温度越低。通常砂土的起始冻结温度稍低于0℃，细密的粘性土可低于－3～－4℃，含盐土也低。土中水只有在温度梯度能克服水分迁移阻力时，水开始冻结。在冻结法凿井中，土的起始冻结温度对正确确定冻结壁的冻土扩展范围和厚度有重要意义。

水分迁移 土冻结时，其中的水（包括液态、气态和固态）由原来所处的位置向新位置转移的现象。这是由于土中相态平衡遭到破坏和外部作用如温度、压力等存在梯度时发生的，其结果是引发聚冰作用，在土中形成冰夹层，使土的骨架变形、冻胀加剧。

不同土性、细度、含水量和温度的土有不同的水分迁移方向和迁移量。在粘性、细颗粒土中，冻结时弱结合水向冷源方向迁移，当土中含有足够的弱结合水且水分补充又是开放系统时，这种迁移十分强烈；当土的初始含水量小于最大分子含水量时则基本不发生水分迁移；在其它条件相同时，按土质划分这种水分迁移以粉质亚粘土和粉质砂最大，粘土次之，致密的粘土最少，按矿物成分划分时，以蒙脱石粘土最少，水云母粘土次之，高岭土粘土最多。减少水分迁移的有效方法之一是快速降温冻结。在冻结法凿井采用现浇混凝土井壁时，可发生混凝土固化时多余水分向冻结壁方向迁移，使冻胀力增大。砂性粗颗粒土冻结时，由于水冻结时体积膨胀，使土中自由重力水向背离冻结冷峰面的未冻结区域转移，这种迁移的水常称为冻胀水。在立井冻结施工中，通过在砂层中设置水文观测孔，利用冻胀水的迁移引起孔内水位的上升来判断冻结壁是否交圈。

冻胀和融沉 土冻结时发生土体变形体积膨胀的现象称为冻胀；冻土融化时发生土体积缩小地层沉降的现象称为融沉。这种现象起因于土中原有水分与迁移水分冻结时体积膨胀和融冻时体积收缩及压密，一般大的冻胀和融沉现象发生在有大的水分迁移的粘性细颗粒土中。

饱和粘性细颗粒土冻结时，水分迁移量多，聚冰作用强，冻胀也大，粉质亚粘土和亚砂土冻胀最强烈，在适合条件下，土的体积可增大百分之几十至几倍。纯粘土的水分迁移有限，冻胀也较小。砂冻结时，如果冻胀水可以自由流出则不发生冻胀，若为封闭系统则有一定的冻胀。土冻胀同土的含水量密切相关，只有当含水量大于起始冻胀含水量这一临界值时，土才发生冻胀。

土冻胀受到约束时，会对约束产生冻胀力，在合适条件下将达到相当大的数值。冻胀和融沉造成地层变位和移动，对结构物和环境造成危害，例如立井冻结时发生井架基础不均匀隆起或沉降、工作面底鼓、井壁破坏等。

冻土热力学参数 是计算和研究冻土结构物传热和温度场的基本参数，有比热、容积热容量、导热系数和导温系数等。

冻土是多相介质，其热学特性同土的温度、组分和所含矿物的特性有关，特别是由融土变为冻土时，特性会有很大的改变。它的比热和容积热容量具有按物质成分的质量加权平均的特性，在略去成分影响时，冻土的比热（C）和容积热容量（C_r）由下式确定：

$$C=\frac{C_d+(W-W_u)C_i+C_w\times W_u}{1+W}$$

$$C_r=[C_d+C_w-W_u)C_i+W_uC_u]\gamma_d$$

式中 C_d、C_i、C_w 分别为冻土骨架、水和冰的比热；W_u 为未冻水含量；C_u 为未冻水比热；W 为冻土的总含水量；γ_d 为土的干容量。

冻土的导热系数 λ 和导温系数 α 是冻土骨架的干容量、含水量和温度的函数，且同土的矿物成分有关，导热系数、导温系数和容积热容量的关系为：$\lambda=C_r\cdot\alpha$。

冻土力学特性 冻土是一种流变体。流变是指该种物体具有应力、应变随时间而变的力学特性。冻土流变的物理本质是：冻土内存有流变性很大的冰和未冻水，二者在一定温度、压力下处于平衡，由于荷载作用改变引起土骨架局部应力集中时这种平衡会遭到破坏，为达到新的平衡所表现出的粘滞性流动。

冻土的变形 由初始变形（ε_0）和蠕变变形（ε_c）组成。

初始变形是瞬时完成的，应力小为弹性应变，应力大会有塑性应变。它们占冻土总变形的比重小，可忽略不计。

蠕变变形视作用应力大小有衰减型和非衰减型应变之分（下页图1）。衰减型应变发生在应力较小条件下，特点是应变速率随时间渐减至零，冻土不发生破坏。非衰减型应变是在应变超过某临界值—流动极限 σ_s 时发生，特点是应变随时间不断发展直至冻土被破坏。

冻土的破坏形式同土的种类、含水量和温度有关。高含水量且温度较高时冻土（包括粉质亚沙土、沙土）常呈粘性破坏，脆性破坏常发生在低含水量、低温的砂土中。

非衰减型冻土蠕变变形如下页图1中(*b*)所示，它由三部分组成：非稳定蠕变（ε_1）稳定性流动蠕变（ε_t）和渐进应变（ε_1）。应变过程的特点是：开始，应变不断增加，但应变速度渐减至某定值，然后进入应变随时间加速发展阶段直至破坏。

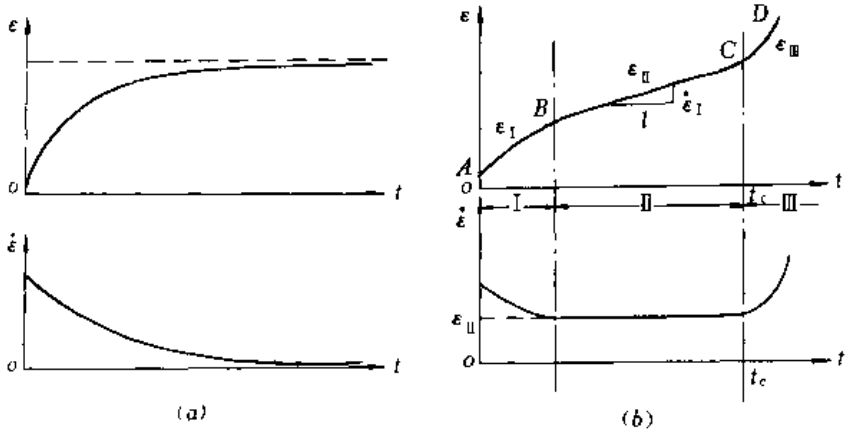


图 1 冻土蠕变的两种基本形式

a—衰减型蠕变；b—非衰减型蠕变

ε—应变；$\dot{\varepsilon}$—应变速率；t—时间

冻土强度 与土性、含水量有关，随温度降低而增大。砂性冻土比粘性冻土强度高，粘性土最高强度的临界含水量与塑限含水量接近，冻土的流变性使其强度指标同荷载作用时间和应变速率密切相关。冻土强度，有瞬时强度（σ_0）、长时强度（σ_∞）和极限强度（σ_t）之分。三种强度同时间的关系曲线见图 2。

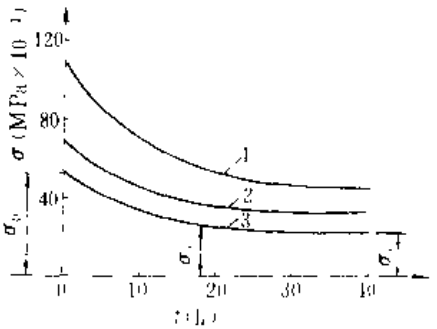


图 2 冻土三种强度同时间关系曲线

1—中砂；2—粉砂；3—粘土

立井冻结壁设计中常用的强度指标是单轴抗压强度和抗剪强度，前者用无侧限抗压试验获得，后者用三轴试验获得。

冻土单轴瞬时抗压强度（σ_0）常表示成温度（t）的函数，用下式来拟合：

$$\sigma_0 = a + bt^n$$

式中 a、b、n 为试验常数，且 $n \leqslant 1$。

单轴抗压长时强度（σ_∞）根据蠕变试验用二种拟合方程给出。C. C. 维雅洛夫（C. C. BRLOB）推荐的方程：

$$\sigma_\infty = \frac{\beta}{\ln t - \ln T}$$

国际地层冻结协会推荐的方程：

$$\sigma_\infty = [\varepsilon_f / A(\theta) t^n]^{1/n}$$

式中 $\beta = a - b(\theta)$，a、b 为实验拟合系数，θ 为温度，T 为参数；ε_f 为规定的表征破坏的应变值，也可根据瞬时抗压试验中冻土破坏时的应变值确定；A、B、C 为蠕变方程中参数。

冻土的抗剪强度方程为：

$$\tau = \sigma \mathrm{tg}\varphi + C(t, \theta)$$

式中 τ、σ 为破坏面上剪力和正应力；φ 为内摩擦角，一般同温度和时间无关，其值等于或稍小于常温土；$C(t, \theta)$ 为内聚力，是温度和荷载作用时间的函数，其值比融土大得多。

（苏立凡）

ruhua zhayao

乳化炸药 （emulsion explosive） 通过乳化剂的作用，使以硝酸盐为主的氧化剂水溶液微滴均匀地分散在含有气泡或多孔性物质的油相连续介质中而形成的油包水型膏状含水炸药。

按使用条件乳化炸药有岩石型和煤矿许用型两种。前者用于露天和无瓦斯、煤尘爆炸危险的井下岩石爆破工程，后者按加入不同比例的消焰剂用于不同等级的有煤尘、瓦斯爆炸危险的矿井爆破工程。按产品的形态有包装型（药卷品和袋装品）和散装型乳化炸药。包装型为工厂生产的成品乳化炸药，其中药卷状的乳化炸药可用雷管直接起爆，具有雷管感度，袋装乳化炸药通常为大直径药袋，属非雷管感度炸药，需由起爆药包起爆。散装型乳化炸药通常是在爆破现场混合制备，经混装车（或泵送车）乳化混合，然后直接注入炮孔。

乳化炸药主要由水相、油相、乳化剂、密度调整

（敏化）剂等组分构成。①水相（分散相）是乳化炸药的氧化剂组分，占炸药质量的90%左右，是无机含氧酸盐溶于水中制成的；典型的乳化炸药配方含水8%～15%，无机含氧酸盐可供单独或混合使用的是硝酸铵、硝酸钠、硝酸钙、硝酸钾、高氯酸铵、高氯酸钠等。②油相（连续相）在加工温度条件下是液态的燃料，脂肪族、脂环族、芳香族等都可做油相，选择原则是既要有利于形成相对稳定的油包水（W/O）型乳胶，又使用方便；采用的燃料有原油、机油、柴油、重油、凡士林、微晶蜡、石蜡、蜂蜡、褐煤蜡等。③乳化剂对乳化炸药制备及其稳定性极为重要，经验表明HLB（Hydrophilic Lipophilic Balance —— 亲水亲油平衡）值3～6的乳化剂可选作乳化炸药的乳化剂，可以是一种或两种以上的乳化剂组成的复合乳化剂，如失水山梨糖醇单油酸脂，木糖醇单油酸脂或其混合物等。④敏化剂（密度调整剂）是由于乳化炸药的基质乳状液密度较大，为了提高其敏感度、改善爆轰性能，采用发泡方法或加入携带气泡的固体或疏松材料调整其密度；气泡产生的方法主要有在炸药药体中加入化学发泡剂、机械充气、在炸药药体中加入夹带气体的封闭性固体微粒等三种。

特点　乳化炸药抗水性能好，加工、运输和使用较安全，爆破后炮烟少，而且炮烟中氮氧化物含量低，原料来源广泛，成本低于水胶炸药，生产过程可做到无尘、无毒、无害作业。

发展和前景　1961年美国溶剂公司（Commerical Solvents Co.）研制成乳化炸药雏形。1969年美国阿特拉斯火药公司（Atlas powder Co.）的H. F. 布卢姆（Blumn）比较全面地阐述了乳化炸药技术，1978年该公司研制成油包水型乳化炸药的连续生产工艺与设备，标志着乳化炸药进入工业化生产和现场应用阶段，在美国、英国、瑞典、日本、加拿大等相继得到迅速发展。中国于20世纪70年代后期开始对乳化炸药进行研制，80年代初期已开始生产并用于煤矿爆破工程。乳化炸药是一种有发展前途的工业炸药。

参考书目

Becher Paul "Encyclopedia of Emulsion Technology" Dekker, New York 1988。

汪旭光著，《乳化炸药》，冶金工业出版社，1986。

（王树仁　史国卿）

ruanyan zhihu

软岩支护　（soft rock supporting）　采用支架维护巷道软弱围岩的作业。在高地应力作用下，或因围岩强度较低、结构破碎、变形较大等原因，巷道开挖后巷道顶部、两侧岩体可能坍塌，底部岩体也可能上鼓，即使不坍塌，四围岩体将向巷道内挤拢，变形量很大。造成围岩移动范围扩大，长期不能稳定。为此必须采用适应围岩变形特点的支架对周围岩体加以维护。

岩体是一个整体，任何一部分岩体破碎或移动都将危及整体的稳固性，软岩中巷道底鼓将导致整体维护措施的失效，必须注重底部岩体的维护。为使支架能长期与周围软岩共同作用，支架必须在保证承载力的前提下允许产生较大的变形。这对软岩支护尤为重要。软岩支护通常采用锚喷网支护或可缩性支架，也可采用两者联合支护。

采用锚喷网支护时，软岩暴露之初先喷一层50～70mm厚的混凝土，以防风化，随后安装锚杆，并加喷50～130mm厚的混凝土，必要时可加金属板或金属梁加固。软岩中，宜采用全长锚固的锚杆、可拉伸锚杆、大延伸率特种钢材制作的锚杆、两截锚杆等，以适应软岩强度低、变形大的特性。混凝土中适当添加钢纤维、玻璃纤维、增塑剂等，增加喷层柔性，减少开裂。

金属可缩支架可用矿用工字钢或U型钢制作。巷道断面小于6m²时，采用梯形支架，大于6m²时，应用拱形、马蹄形或圆形支架。支架由3～5节构件组成，构件本身或连接处要有可缩性。一般在两节钢结构叠合部位用特制的连接件卡紧，保持恒定的摩擦力。当结构两端的相互作用力小于摩擦力时，可缩性结构如同刚性结构。当相互作用力超过摩擦力时，两节钢材便相对滑动，长度缩短，巷道断面也相应缩小。软岩支架承受的荷载主要是软岩变形引起的。可缩支架能在一定条件下缩小断面降低所受的荷载，同时又有恒定的阻力，它不允许软岩自由变形。可缩支架既阻止软岩变形又保护自己。

铰接可缩支架是将3～5节可缩构件拼装而成。各

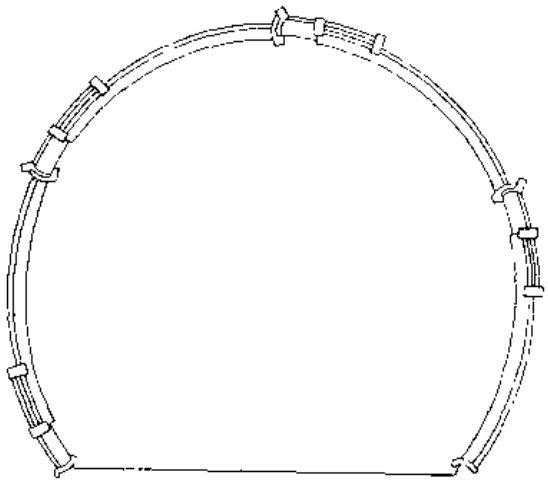


图1　铰接可缩支架

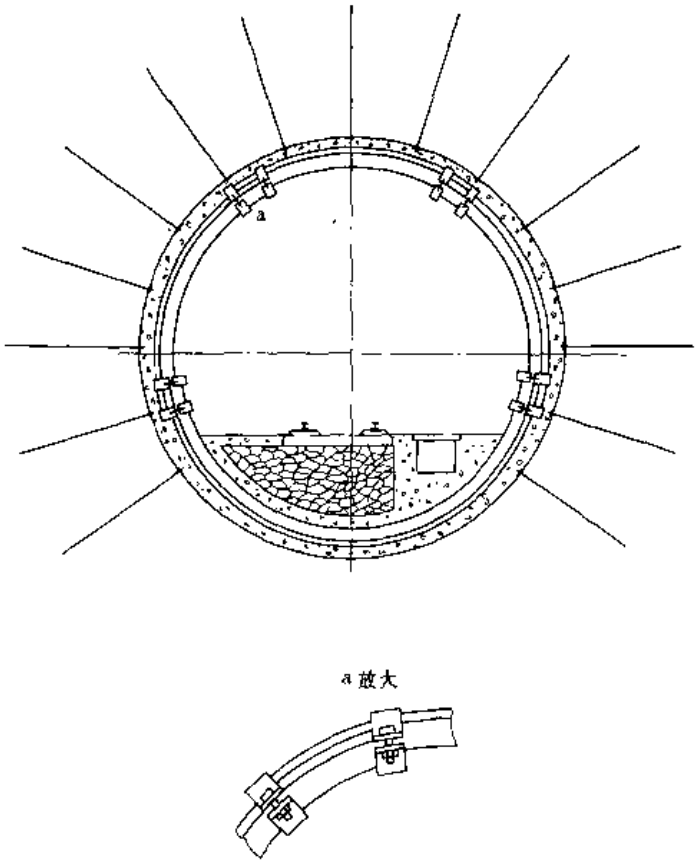


图 2 联合支护

构件之间用圆柱面搭接，形成一种相对转动的铰链结构。支架受到不均匀荷载时，构件保持不变形，利用各构件相对转动，改变支架的形状。在压力大的方向，支架构件向巷道内移动，带动压力小的方向的支架构件向围岩挤压，使各支架构件受压均匀。这种自动调整压力的性能，将使支架承载能力提高 2～3 倍。当调整后的压力接近支架极限承载能力时，构件能够缩短，可防止其破坏而长期使用。由于铰接构件在任何受力条件下，其接点总是弯矩小轴压力大，因而保证了良好的可缩性，见上页图 1。

弧板支架。它是由 5～6 个金属或钢筋混凝土制成的圆柱面板块拼装成的封闭式支架。支架与周围岩石之间用柔性材料充填。当板与板直接连接便成刚性支架，适用于浅部隧道、地铁等支护。当用于深部矿山或软岩巷道，板块则需用特殊结构连接，既能保持支架的承载能力，又能在接近极限荷载时收缩，保护支架构件不破坏而长期使用。

采用一种支架难以维护软岩时，可将锚喷与金属支架（图 2）或锚喷与弧板支架共同使用，构成联合支护。亦可先用一种支架进行支护待软岩变形相对稳定后，再增补其他支架，进行二次支护。

将树脂、水泥等胶结材料注入软岩中，增强软岩自身的稳固性，能取得良好的效果，但成本高，且胶结材料在岩体中分布不易控制。

（华安增）

S

sanxing zuanjia

伞形钻架 （shaft jumbo） 安装多台重型凿岩机，能伸展和收拢的多臂式立井凿岩设备。它的形状象雨伞的骨架（如下页图），中央立柱是钻架整体升降时的悬吊中心，也是凿岩时各臂的支撑中心，在立柱顶端用铰链连接3个支撑臂，钻架升降时，它与立柱一样处

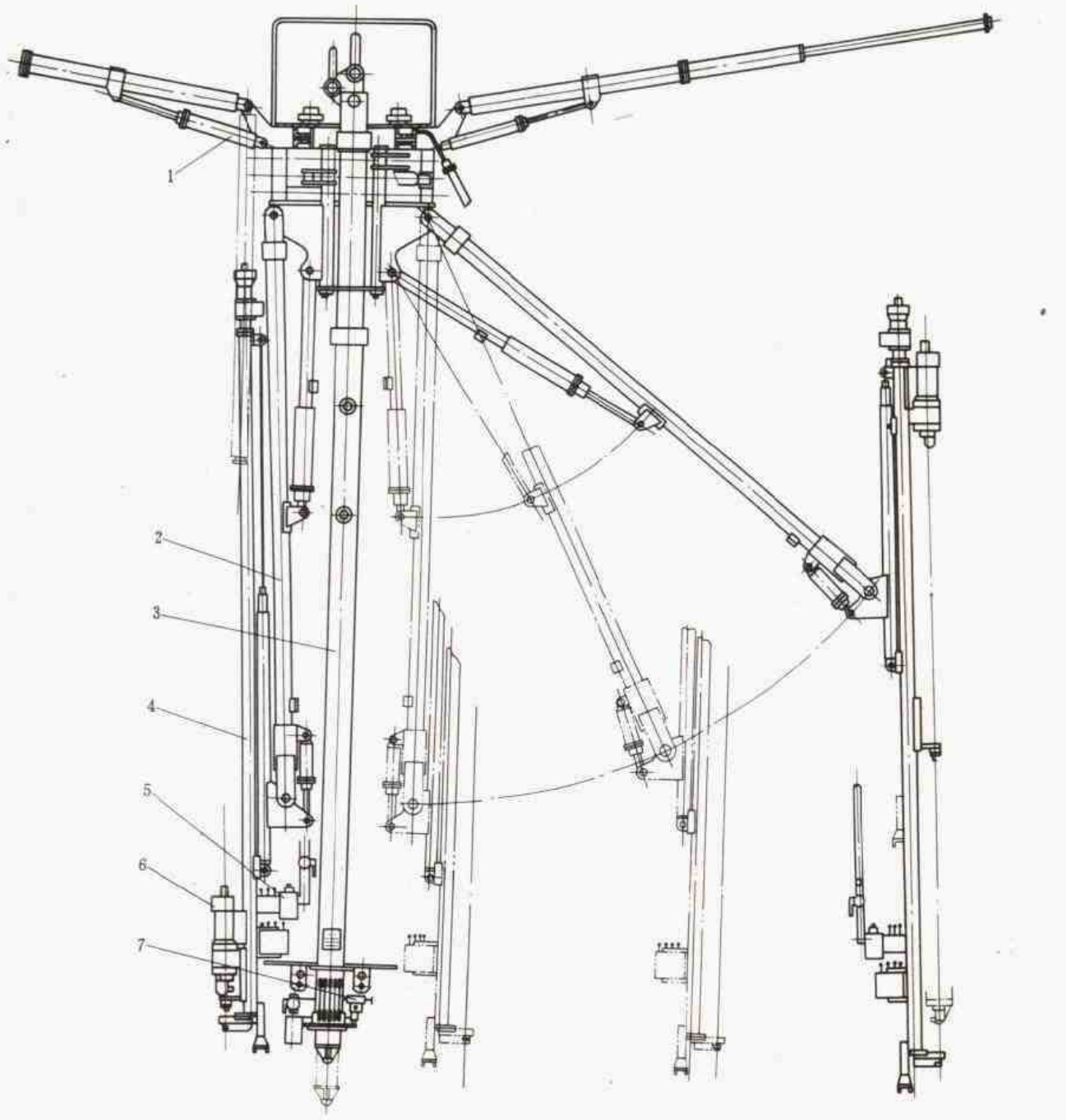
表1 中国产伞形钻架的类型及主要技术特征

技术特征	单位	FJD6型	FJD6A型	FJD6.1型	FJD6.2型	FJD9A型
支撑臂个数	个	3	3	3	3	3
支撑臂支撑范围—直径	m	5～6.3	5.5～9.4	6.62～8.6	4.8～6.7	5.5～9.6
动臂个数	个	6	6	6	6	9
动臂工作范围： 水平摆动角 垂直摆臂的回转范围	° m	120 1.33～6.8	120 1.54～8.8	120 1.18～8.5	80 1.62～8.0	360 1661～8.6
配用凿岩机：型号 数量	台	YGZ70 6	YGZ55 6	YGZ50 6	YGZ70 6	YGZ70 9
动力形式：		风动—液压	风动—液压	风动—液压	风动—液压	风动—液压
油泵风马达型号		TJ8	TJ8	YP06	TJ8	TJ8
功　率	kW	8	8	9	8	8
油泵型号		YB—A25C—FF	YB—A25C—FF	G5—5—1E13S	CB—C25C—FL	YB—A25C—FF
油泵工作压力	MPa	10.5	10.5	120	10.5	10.5
推进器形式： 推进行程 推进风马达型号	m	风马达—丝杠 3 TMH—1	风马达—丝杠 4.2 TM1—4	油缸—钢丝绳 4	风马达—丝杠 3 TM1—4	风马达—丝杠 4.2 TM1—4
工作气压	MPa	0.5～0.7	0.5～0.8	0.5	0.5～0.7	0.5～0.7
工作水压	MPa	0.2～0.3	0.4～0.5	0.3	0.3～0.5	0.4～0.5
最大耗风量	m^3/min	50	80	60	80	90
收拢后外形尺寸： 高 外接圆直径	m m	4.5 1.5	7.2 2.05	6.5 1.7	5 1.6	7.93 1.75
总重量	kg	5500	7500	7000	8500	10500
钎尾规格	mm	B25×152 六角钎杆	φ30×42.5 圆钎杆	B25×152六角钎杆		

续表

技术特征	单位	FJD6型	FJD6A型	FJD6.7型	FJD9型	FJD9A型
生产厂家		济宁矿山机械厂 宣化采掘机械厂	济宁矿山机械厂	宣化采掘机械厂	济宁矿山机械厂	
备注		FJD6型伞形钻架，支撑臂加长后，支撑范围可到7.5m				

型号含义：F—凿岩辅助设备 6、9—钻臂数量 J—钻架 7—机重 D—吊式 A—改进型。



FJD－9A 伞型钻架

1—支撑臂；2—动臂；3—立柱；4—推进器；5—风水系统；6—凿岩机；7—液压系统

于铅垂位置。伞型钻架到达掘进工作面后，支撑臂依靠各自的油缸展开以水平向上 10°～15°角撑到井帮上，以固定立柱的位置，立柱上还安装有 6 个或 9 个动臂，每个动臂上有一台凿岩机及其推进器。钻架升降时动臂和凿岩机也收拢处于铅垂位置，到达工作面后，依靠各自的油缸将凿岩机举到设计的炮眼位置，将推进方向调整与炮眼方向一致，接上压缩空气和供水管路即可进行凿岩作业。用伞形钻架钻眼机械化程度高且多台凿岩机同时作业，工作效率很高。中国产伞形钻架类型及技术特征如 285 页表 1。凿岩结束后，先收拢动臂和凿眼机，再回收支撑臂，并下放到铅垂位置，最后拆除压缩空气和供水管路，将钻架整体提升到地面。由于钻架高度较大，地面卸矸台高度应不妨碍其升降，而且应在卸矸台的垂直方向有移动钻架的装置和安放钻架的位置。

中国研制的伞形钻架上配置 YGZ 型高频凿岩机，采用高强度的硅锰合金钢钎。该凿岩机的功率大，钻速高，卡钎事故少，而且冲击和回转有各自独立的机构，可以根据岩石性质，分别调节冲击力或回转速度，适应性强。推进器的风动马达使凿岩机沿滑轨运行。风动马达可双向转动，带动凿岩机前进后退，一次推进行程等于炮眼深度，不必换钎。由于推进行程大使推进器高度加大，为了保证周边眼能正确定位，混凝土井壁与掘进工作面距离应保持一定高度，使推进器能正常直立操作。YGZ 型高频凿岩机噪音较高，对工人身体健康影响较大，有待改进。

（张一心　华安增）

shaifenlou

筛分楼 （sizing plant） 安装筛分机和进行筛分作业的构筑物。它可单建，亦可在装车仓上建造，独立建筑称筛分楼，置于仓上称为筛分间。煤分级后送入仓中，然后装车外运。

装车仓上的筛分间多用钢筋混凝土结构，一般均为浅仓，以矩形和方形为主，少数选用圆筒形仓。按生产能力，仓型分为单排仓和双排仓，多排仓很少用。

筛分楼（间）的设备主要是筛子和电力驱动系统等，使用时会产生动力荷载，要求建筑物必须具有良好的整体性和坚固性，一般选用钢筋混凝土结构。筛分装车仓下支承体系因仓型而异，仓下因通行机车，其净空必须满足铁路限界的要求。圆筒仓下用筒壁或柱子支承，亦可筒壁和内柱共同支承。当方形或矩形煤仓上有筛分间时，一般柱网尺寸选用 6m×6m、7m×7m 或 6m×7m，单仓容量一般为 200t 至 500t，这种筛分装车仓中国用的最多。但这种型式沿高度刚度变化大，下部框架形成“强梁弱柱”，地震时与煤仓相连接的框架柱的上下端易损坏，在地震烈度 7°及以下地区仍为常用型式。

随着筒仓在煤矿系统的推广，也有在圆筒仓上设筛分间的，但筒仓直径多在 12m 以下。筒仓直径大于 15m 时，上部布置框架困难，下部因供机车通行，洞口过多过大影响受力，故较少采用。支承振动筛的梁板要进行动力计算，框架结构计算要考虑栈桥进料带式输送机水平拉力的影响。

仓上筛分间为单跨或多跨多层框架，一般按二个方向的平面框架进行计算，柱按双向偏心受压构件进行配筋计算。仓下框架可假定仓刚度为无穷大，按柱上端固定进行框架分析。

筛分楼（间）的建筑要求：①设备至墙壁的距离和通道应满足《煤炭工业矿井设计规范》安全距离的要求；②应设清洗楼板的拖把槽和地漏等；③应有良好的防尘、防噪音设施；④门窗面积与地板面积之比宜为 1/6～1/8；⑤楼板上配煤孔洞应加防护栏杆、铁篦子和活动盖板；⑥严寒地区煤仓应有防冻措施；⑦跨线仓应执行煤炭跨线式装车仓限界尺寸的规定，并考虑地面沉陷对铁路建筑界限影响；⑧按规范规定距离设置安全出口。

（范宝华）

shangshan shigong

上山施工 （raise construction） 沿倾斜向上巷道的掘进和支护作业。用钻爆法施工上山时，多采用底部掏槽，以防止底板欠挖和爆破岩石崩倒支架，并要加强工作面通风和瓦斯管理。在有瓦斯突出的煤（岩）层中，若无专门措施，不宜采用这种施工方式。

装岩方式有人工装岩和机械装岩两种。人工装岩需配置溜槽或链板输送机运输。溜槽运输时，应在靠巷道溜槽一侧设置挡板，巷道下口设置临时贮矸仓以便装车，根据溜槽材质不同，它适用于倾角 15°～35°的上山；链板输送机运输，适用在倾角小于 25°的上山。装岩机械有扒爪和耙斗式装岩机，它适用于倾角小于 30°的上山，使用耙斗装岩机必须设置防滑装置。倾角大于 35°的上山，可在上山一侧设一密闭溜矸间，煤矸沿底板自溜。

掘进工作面供料一般采用钢丝绳运输方式，通过工作面设置的回绳轮，进行矿车倒拉提升。当上山长度超过提升机卷筒容绳量时，需在上山中部增设提升机进行分段接力提升，但靠近工作面的一段提升仍为倒拉方式，随工作面前进回绳轮向上移动。

上山施工中，顶板岩石受重力的作用，产生倾斜下

滑力，采用架棚支护时，棚腿要向上与顶、底板垂线间呈一夹角即迎山角。当上山倾角小于45°时，每倾斜6°～8°，应具有1°迎山角；当上山倾角大于45°时，支架间须设撑木或拉条。采用锚杆支护时，锚杆应尽量垂直于顶板岩面。砌筑石材支架时，砌碹工作应由下向上分段进行。

（程隆教　张和林）

shenkong baopo

深孔爆破 (longhole blasting)　孔径大于50mm、深度大于5m的炮孔爆破。它具有凿岩设备利用率高、施工速度快、爆破量大、效率高等优点，已广泛用于露天矿的采掘工程、金属矿井下开采、工业场地平整、路堑开挖、港口建设、水电闸坝基础开挖等领域。按应用地点分为露天深孔爆破和井下深孔爆破，前者以台阶爆破为主，参见"台阶爆破"。后者主要用于崩矿或大型硐室的开掘和爆破成井。

井下采场深孔布置　分平行深孔和扇形深孔布置两类（图1和图2）。按深孔的方向不同，它们又各分为上向、下向和水平三类。扇形深孔具有采准巷道掘进工程量小，炮孔布置较灵活和凿岩设备移动次数较少等优点，应用广。但扇形深孔呈放射状，孔口间距小而孔底间距大，崩落矿石块度不如平行深孔均匀，深孔利用率也较低。对于矿体形状规则和要求矿石很均匀的场合，以采用平行深孔为优。由扇形变形的束状深孔，是在垂直和水平面上的投影都呈扇形。束状深孔所需开凿的巷道工程量更少，但爆得的矿石块度不均匀。多用于矿柱回采、采空区处理和边缘、零星矿体回采。

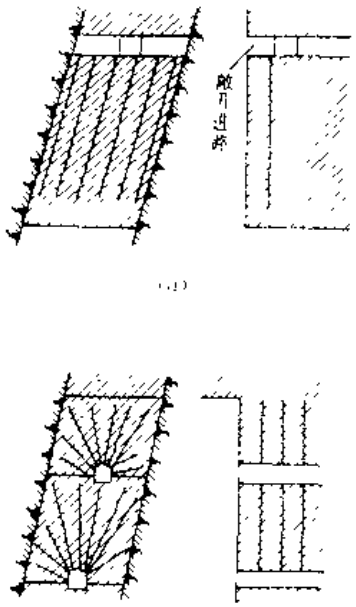


图1　深孔布置图

a—平行深孔布置；*b*—扇形深孔布置

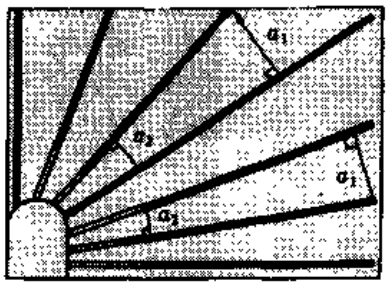


图2　扇形布孔的孔间距

井下深孔爆破参数　包括孔径、最小抵抗线、孔间距、单位炸药消耗量和每孔装药量、孔深等，影响爆破参数的因素有：矿床地质条件、矿岩的可爆性、采场尺寸、炸药性能及凿岩机具的性能等。①孔径（d）。采用接杆法凿岩时，孔径多为55～65mm，潜孔凿岩时孔径为90～110mm。②最小抵抗线（w）。根据矿岩可爆性、孔径、炸药性能和补偿空间条件等因素确定。经验公式为：坚硬矿石 $w=(25\sim30)d$，中等坚硬矿石 $w=(30\sim35)d$，软矿石 $w=(35\sim40)d$。③孔间距（a）。指同排相邻孔间的距离。它的大小，影响着矿石破碎质量、每米炮孔出矿量、凿岩量、生产率、爆破材料的消耗等，一般可用最小抵抗线 w 和邻近系数 m 来确定，对于平行孔布置 $m=0.8\sim1.1$。对于扇形深孔布置由于孔间距是随孔深而变化，故分别用孔底垂距 a_1 和药包顶端垂距 a_2 来表示。（图2）。a_1 指由较短的钻孔孔底至相邻钻孔的垂直距离；a_2 指堵塞较长的钻孔装药端面至相邻钻孔的垂直距离。a_1 是控制同排深孔密度，a_2 控制孔口部分炸药量分布。④单位炸药消耗量（q）取决于矿石性质、炸药性能和采幅宽度等因素。其值可通过试验确定或选取定额或取经验值。每孔装药量（$Q_{孔}$）以各孔所承担的爆破矿体而定。对于平行深孔，每孔装药量为：

$$Q_{孔}=qawL=qmw^2L \qquad (1)$$

式中 $Q_{孔}$ 为每孔装药量，kg；a 为孔间距，m；w 为最小抵抗线，m；L 为孔深，m；q 为单位炸药消耗量，kg/m³。

对于扇形深孔，因其孔深和孔间距都是不等的，通常要求计算每排炮孔的总装药量 $Q_{排}$，即

$$Q_{排}=qws \qquad (2)$$

式中 $Q_{排}$ 为每排炮孔总装药量，kg；s 为一排扇形深孔的崩矿面积，m²；w 为最小抵抗线（或排间距），m。

露天和地下深孔爆破的装药工序，已逐步用机械

化装药方法替代劳动强度大装药时间长，装药质量差的人工装药方法。目前露天矿使用的有铵油或重铵油炸药混装车，浆状炸药，乳化炸药现场混装车，这些混装车是按炸药品种将炸药的各组分在现场装入炮孔的过程中完成混合、配制、交联、乳化发泡等工序，采用压缩空气或泵将炸药送入孔内。混装车装药速度快(150～300kg/min)计量误差小(一般小于5%)，可降低炸药成本。井下深孔装药主要使用压缩空气装药器，它是利用压缩空气将储药缸内的炸药经输药软管吹入炮孔内、装药器的容量一般为150kg，装药效率在500kg/h，装药器装药极大的缩短了装药时间，并提高了装药密度，从而保证和改善了爆破效果。

发展 中国深孔爆破技术发展很快，在露天台阶爆破方面，随着新型穿孔凿岩机的出现，正逐步取代硐室爆破法所占的地位；在金属矿井下深孔崩矿方面，随着自行液压潜孔钻机的出现，一次可钻深度150m、直径100～200mm的钻孔，为大量崩矿创造了条件；在井巷深孔爆破方面，随着微差爆破、挤压爆破、VCR球形药包漏斗爆破新技术的出现，深孔爆破技术在"一次爆破成井"、"一次爆破成仓"和金属矿的矿房巨采等方面取得了重大突破。

参考书目

陶颂霖，《凿岩爆破》，冶金工业出版社，1986。

（王树仁 刘清泉 张金泉）

shengchan fuzhu jianzhu

生产辅助建筑 (production service buildings) 供生产矿井设备维修、备品配件贮存、材料加工、安全防护和环境保护而设置的建筑物。它不包括主要生产环节的工业建(构)筑物和其他附属建筑物。

为保证生产设备正常运转而建造的生产辅助建筑物有机电修理车间、综采设备维修车间、单体液压支柱修理间、内燃机车修理间等。此类建筑物内设5t、10t、15t起重机，通常为钢筋混凝土排架结构，小型厂房一般不设起重机，采用混合结构。

为满足生产所需的设备备品配件贮存、材料加工面建设的建筑物有设备材料棚、材料库、油脂库、乳化油库、岩粉库、坑木加工房、编网机房等。设备材料棚、材料库有单层建筑和多层建筑，有跨铁路布置和不跨铁路布置形式。库棚内常设10t起重机，多层时设垂直运输载货电梯。结构类型有混合结构、钢筋混凝土排架结构和框架结构。油脂库应有良好的通风隔热措施，门窗应防火，窗口必须有安全防火措施。

为安全防护和保护环境而建设的建筑物有水砂充填系统建筑、防火灌浆站、消防材料库、污水处理站、矸石山灭火泵站等。建筑物多为单层混合结构，并直接与下井和外排管路连结，故要注意管线交叉与重力排泄坡度设计。室内沟槽多为混凝土、钢筋混凝土结构并设有耐磨光滑的面层如铸石、釉陶等。

（杨荫桓）

shigong changdi zongpingmian buzhi

施工场地总平面布置 (general surface layout of construction site) 对施工期间，工业场地内各类建筑物、构筑物和各类施工设施进行合理部署和调整的工作。

它是矿井施工组织设计的重要组成部分，是各主要施工环节和施工方案经综合规划后在平面联系上的反映，并对施工场地内各类建筑(包括永久建筑物和构筑物、场内道路、地下管线沟、架空线路等)和各种施工设施(包括各项大型临时建筑和设施、材料加工及堆放场地、动力供应、场内交通运输、排矸和工程煤贮存、施工设备布置等)进行全面的优化部署和安排，以达到合理使用场地，保证施工活动的正常进行，并以平面布置图的形式表现出来。施工场地总平面布置图应随着矿井各施工阶段的需要不断进行调整，作出各个阶段的施工场地总平面布置图。

布置依据 ①主、副、风井工业场地总平面布置设计图和地质地形图，土石方平整图，地下管线、电源、供水、排水等系统图。②施工期间需利用的永久工程一览表。③大型临时工程及设施一览表(包括工程名称、工程结构、外形尺寸等)。④施工期间的材料、设备存放地点及库房、加工厂房的规划。⑤排矸和工程煤堆放场地，混凝土集中搅拌和预制构件加工场地的规划。⑥施工组织设计提出的矿井综合网络进度计划和推荐的施工方案。⑦各井筒井口区稳、绞车的平面布置图等。

布置原则 ①大型临时工程及凿井措施工程，应尽可能不占永久建筑位置或合理进行交替，避免临时工程拆迁。②施工区域的划分应符合施工流程，使各专业施工区互不干扰。③合理组织交通运输，做到交通方便畅通，大宗器材及半成品堆放场地要力求线路短而直，避免倒流和二次搬运。④大型临时工程应尽量布置在设计场地内，施工建筑物要合理利用地形，减少场地平整土石方量。⑤施工变电所应布置在负荷中心，所有施工建筑物之间要按规定留有一定的安全距离和防火距离，并满足防洪排水的要求。⑥工程煤堆放场、混凝土集中搅拌站和混凝土预制厂尽可能布置在广场下风侧的边缘，并确保运输方便。⑦场内窄轨铁路、道路布

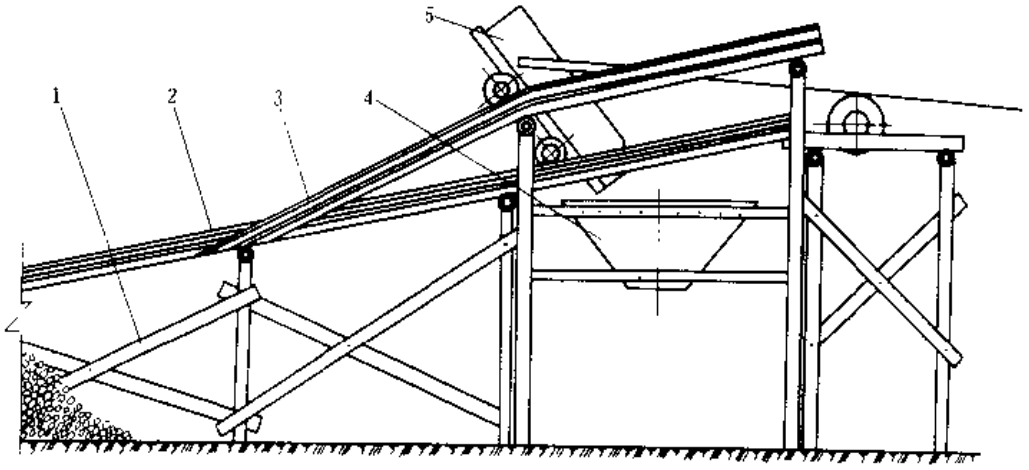
置应满足施工需要，并应尽量避免与人流线路的交叉，场区最好有两个出口。⑧所有临时工程在选位上或使用时限上均不影响永久建筑工程的施工。

（蒋学乐　崔增祁）

shigong jidou

施工箕斗　(sinking skip)　斜井施工提运矸石、物料，能自动卸载、自动复位的一种箱型提升容器。它适用于坡度小于25°的斜井井筒，既可单钩提升，又可双钩提升，提升和卸载时均无须摘挂钩，是斜井施工的主要提升设备。提升钢丝绳通过天轮与箕斗连接，提升机运转时使箕斗沿井筒轨道行走运送物料或矸石，借助桥台卸载装置，将矸石自动卸入矸石仓内。卸载后，箕斗靠自重自动复位，排空的或载有物料的箕斗再沿井筒轨道下放至工作位置。中国煤矿斜井施工中常用的箕斗容积为 $2m^3$、$3m^3$、$4m^3$、$6m^3$ 和 $8m^3$，按其卸载方式，箕斗分为前卸式箕斗和后卸式箕斗两种。

前卸式箕斗依其结构又分为无卸载轮前卸式和有卸载轮前卸式。无卸载轮前卸式箕斗，是依靠固定在桥台上的翻转架使箕斗向前倾覆实现卸矸。有卸载轮前卸式箕斗，卸载轮安装在箕斗的前后轮之间或与后轮联成一体，通过卸载装置，使箕斗向前倾斜，将矸石卸出（见图）。前卸式箕斗由于卸载距离短，速度快，在掘进工作面涌水不大时，还可提带泥水，简化井筒的



有卸载轮前卸式箕斗卸载示意图

1—斜井桥台；2—桥台基本轨；3—卸载曲轨；4—矸石仓；5—前卸式箕斗

排水系统，因而得到广泛采用。

后卸式箕斗在其箱体前部装有卸载轮对，通过卸载装置使箕斗向后倾覆，将矸石卸入矸石仓。它具有卸载装置结构简单，复位平稳，冲击力小，过卷距离较长等优点，但卸载距离长、速度慢，不能提带泥水，箕斗容积小。

箕斗在提升机的牵引下，主要是依靠卸载装置来完成自动卸载和复位动作的，因此，箕斗及其卸载装置是不可分离的两个部分。

箕斗主要由斗箱、前轮对、后轮对、牵引框、卸载门、联接装置等部件组成。

(1) 斗箱　箕斗的主要部件，由型钢焊成框架，四面贴焊钢板，形成长方形簸箕状。在斗箱底板框架上铆接轮对支座，用以安装轮轴。对于前卸式箕斗，在斗箱后侧装有轴座，通过回转轴与牵引框连接。

(2) 前后轮对　由车轮、轮轴、轴承等组成。运行轮对的轮距与斜井井筒提升轨道的轨距相适应，前后轮对共同组成箕斗的运行轮组。对于有卸载轮的箕斗，卸载轮对按卸载方式不同安装在不同的位置。卸载轮对的轮距与卸载曲轨的轨距相适应，当箕斗进入卸载位置时，卸载轮对进入卸载曲轨，运行轮对即脱离提升轨道，随着卸载轮在曲轨上位置的升高，使箕斗底板与水平线的夹角逐渐增大，达到一定角度，矸石自行卸落。

(3) 牵引框　由纵梁和横梁及连接钢板铆接而成。它仅装在前卸式的各类箕斗上，用于传递钢丝绳的牵引力，箕斗卸载时，它可通过回转轴，使牵引方向和箕斗运行方向的夹角自由改变。

(4) 卸载门　依卸载方式不同安装在箕斗前端或后端。卸载时，它随着箕斗进入卸载位置自动打开，使矸石从斗箱内倾卸下来。

(5) 联接装置　采用铁板铆接在箕斗前端或牵引框上，中间开有插销孔，用插销使箕斗与提升钢丝绳相联接。

随着斜井井筒断面、深度的增大，施工箕斗正向着大型化发展，为了充分发挥大型箕斗的能力，今后需进一步提高自身运行平稳性，减少卸载、复位时的冲击力。

（常乃惠 李学军）

shigong zhunbei

施工准备 （preparation for construction）

为使工程项目顺利施工而在开工前需做的工作。它是煤炭基本建设程序中一个重要的环节，做好施工准备对缩短建设工期、降低工程造价、节约工程成本、提高投资效益有重要意义。施工准备包括组织、技术、工程、施工力量、物资、施工机械和设备、外部协作条件的准备工作。

(1)组织准备是按照项目管理组织设计设立建设、施工、设计单位和总承包、监理部门的组织机构，确定工程项目的总目标、各阶段的分目标和主要工作任务完成各方合同的签订，确定各级管理人员的责任书、办事规则、会议制度、信息目录等各项管理工作制度。

(2)技术准备包括组织图纸会审和技术交底、编制施工组织设计和施工图预算等。

(3)工程准备主要包括：①施工测量定位；②四通一平（即施工用水、用电、道路、通讯和场地平整）；③完成必要的临时设施，如提升、厄风、供热、通风、排矸以及机修、库棚等工业设施和食堂、浴室、宿舍、厕所等生活设施，并完成施工期间的三废排放等环保设施；④完成可供施工利用的部分永久建筑或设施；⑤矿井井筒检查孔施工并提供比较详细的井筒涌水量和各分层含水层水量、水质、土层、岩层和水文条件的关系等；⑥利用永久井塔（架）施工井筒时要完成永久井塔（架）的施工。

(4)施工力量 一般应通过招标办法择优选定施工队伍，施工单位中标后，要积极做好施工力量的集结和特殊工种的培训工作。

(5)物资准备包括为保证正常施工所需材料、器件和永久设备的采购、调运和储备。

(6)施工机械和设备准备主要根据施工组织设计和施工方案确定施工机械和设备，要按施工进度组织进场、安装、检验、维护和试运转，进场前要对操作和检修人员进行严格培训，做好施工技术交底。

(7)外部协作条件除进一步落实在初设阶段已签订的初步协议外，还要做好与施工相关的协议签订工作，如签订物资供应及施工图供图合同，签订供电、供水、供热、供气、电讯、雨水污水排放、矸石排放、铁路接轨、道路及出入口、环保、卫生、交通管理、安全消防、绿化等协议或合同，取得主管部门和地方有关部门的审查批准并取得开工许可证。

施工准备期，是从完成征地、开始四通一平之日起到工程项目正式开工止所需的时间，其参考工期见表1、表2和表3。

表1 矿井建设施工准备参考工期

开拓方式	井筒施工方法	井型及设计生产能力（万吨/年）			
		小型 <30	中型 45～90	大型 120～240	特大型 ≥300
立井	普通法	16月	18月	20月	24月
	特殊法	18月	20月	22月	26月
斜井、平硐	普通法	12月	14月	16月	20月

表2 矿井选煤厂施工准备参考工期

序号	设计原煤处理能力（万吨/年）	炼焦煤选煤厂	动力煤选煤厂
1	30～60	3月	3月
2	90～120	4月	3月
3	150～180	5月	3月
4	240～300	6月	4月
5	400	7月	4月

表3 矿区选煤厂施工准备参考工期

序号	设计原煤处理能力（万吨/年）	炼焦煤选煤厂	动力煤选煤厂
1	30～60	4月	3月
2	90～120	5月	3月
3	150～180	6月	3月
4	240～300	7月	4月
5	400	8月	4月

（张志德）

shuini shuiboli jiangye

水泥－水玻璃浆液 （cement-sodium silicate grout） 又称C·S浆液（C代表水泥浆，S代表水玻璃浆液）以水泥和水玻璃为主要成分配制而成的浆液。它采用双液注浆法，需要两套注浆系统。一台注浆泵输送水泥浆，另一台输送水玻璃浆液，浆液由各自的管路输送到特制的混合器内混合均匀后注入到受注地层，浆液迅速凝固达到堵水或加固的目的。

水泥－水玻璃浆液中的水泥浆要求使用425号或525号普通硅酸盐水泥，水泥浆的水灰比 $\rho=0.5\sim2$；

水玻璃浆液要求水玻璃的模数为 2.4～3.4、浓度为 30Be′～45Be′。水玻璃浆液与水泥浆液的容积比一般控制在 0.6∶1～1∶1 范围内。

水泥－水玻璃浆液的特点：凝胶时间可以根据需要从几秒到 20 多分钟内调节；结石率接近 100%。影响凝胶时间的因素主要有：①水泥的品种和活性，普通水泥比矿渣水泥凝胶快，活性高的水泥凝胶时间短，水泥浆越浓凝胶越快；②水玻璃浆液与水泥浆的容积比 $V_s:V_c=0.3\sim1$ 范围内，水玻璃浆液用量越少，凝胶时间越短；③水泥浆或水玻璃浆液温度越高，凝胶时间减短；④水泥浆中掺加白灰可使凝胶时间在几秒钟之内完成；⑤使用磷酸或磷酸二氢钠，其掺量为水泥重量的 1%～3%可以起缓凝作用，把凝胶时间延缓到十几分钟到三十分钟。

影响水泥－水玻璃浆液固结体强度的因素主要为：水泥浆的浓度越高，其抗压强度越高。当水泥浆的浓度较大时，增大水玻璃浆液的浓度，固结体的强度将提高；当水泥浆浓度较小时，水玻璃浆液的浓度增大，固结体的强度降低。水泥浆与水玻璃浆液的容积比在 1∶0.3～1∶1 的范围内，固结体的强度呈曲线变化，最佳容积比是 1∶0.4～1∶0.6，此时强度也达到高峰值。

（赵 斌）

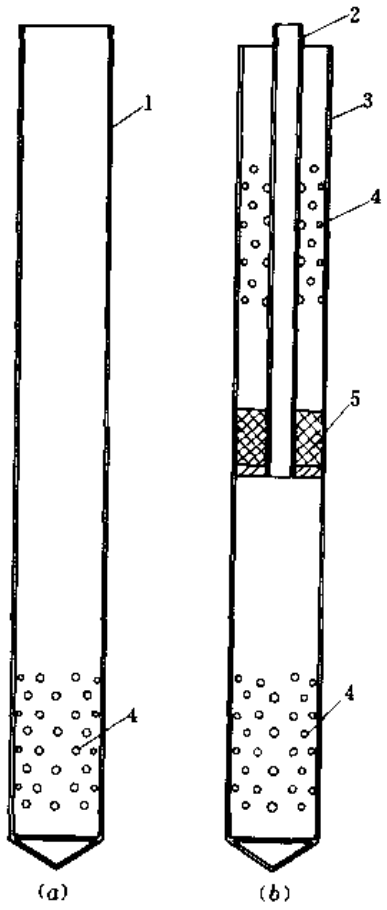
shuiwen guanchakong

水文观察孔 （water level observation hole）

在积极冻结期观察井筒荒径以内地下水文变化的、内装水文管的钻孔。它主要用于检测孔中水位的变化，故又称水位检测孔，但它有时还用于对孔内水温及水的流动等情况的观察和检测，故又简称为水文孔。冻结壁形成后，其内、外侧的地下水被隔开，随着冻结的延续，冻结壁向井内逐渐扩展，井筒内岩土温度也逐步降低，其中孔隙水的体积逐渐增大并被挤出，经过滤器流入水文管内引起水位上升，甚至从管口溢出。根据管内水位变化的分析来判断各冻结孔的冻结圆柱是否连接成封闭的冻结壁，为井筒开挖提供依据。

水文孔应布置在井筒净直径以内，孔位与井筒中心的距离应不小于 1m 且不得偏入井壁中，以免妨碍井筒施工时的掘砌、提升和测量工作。孔深一般应插入冲积层最下部的含水层，但不得超过冻结深度。钻孔时每 20～30m 测斜一次，偏斜率超过规定应纠正。过滤器是在水文管的管壁上钻小孔并用铁丝网缠绕而成，过滤器使水文管与含水层连通。

水文孔的数量视冻结段内含水层的多少和水文管的结构而定。深井冻结含水层较多，一般选择 2～3 个主要含水层，各层水位分别设专管来检测，切忌把几个含水层的水位作混合报导。水文管结构有单管式和套管式两种，见图。



水文管的结构

a—单管式；*b*—套管式

1—钢管；2—内钢管；3—外钢管；4—过滤孔；5—隔板及充填物

单管式结构是在孔内安一钢管，下端设有过滤器，只用于报导一个含水层的水位。检测效果灵敏、真实、可靠。欲掌握不同含水层的水位变化时，则应分别布置水文孔。套管式结构是在孔内安装同心的一组钢管，外管与检测含水层相对应的部位设过滤器，外管与内管以隔板或充填物来隔离，每根管只报导一个含水层的水位，故只适用于各含水层之间有隔水层的条件。由于结构复杂，对套管间和管与孔间的隔离要求高，施工难度大，否则，各含水层由于压头不同，会通过水文管而串通，使水位混淆不清，不利于正确判断冻结状况，甚至影响冻结壁的形成时间。

在井筒冻结前应测出水文孔内水位和温度，冻结开始后每天定时测量一次并记录，且持续到水位越过

地下水静止水位并溢出管口为止。

（汤志斌）

shuiya baopo

水压爆破 （water pressure blasting） 药包置于受约束的有限水域（如充满水的容器状建筑物或构筑物、炮孔药室）内爆破，利用水的不可压缩性，把炸药爆炸时产生的爆轰压力传递到构筑物的周壁（或孔壁）使之均匀受力而破碎。它可用于拆除爆破，矿山采掘爆破和岩块二次破碎。它与常规的钻眼爆破法相比，施工中不需钻眼，工艺简单，节省钻眼费用及工时；炸药耗量低，药包个数少，起爆网路简单；安全性好，爆破地震小、噪音低，碎块飞散范围易控制。

在拆除爆破中，水压爆破药量的确定多是以结构物形状，尺寸，材料等总结的经验公式计算，以薄壁圆筒的弹性理论建立的计算公式是把结构的破坏看作爆炸激起水中冲击波作用的结果，依此建立的简化公式为：

$$Q=K\ (K_z\cdot\delta)^{1.6}R^{1.4}$$

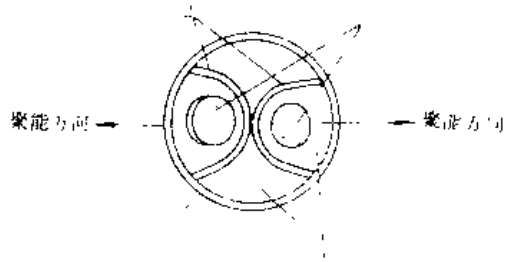
式中 Q 为药量，kg；K 为取决于破碎程度、结构物材质，结构强度和抛掷距离，素混凝土 $K=1\sim3$，钢筋混凝土 $K=2\sim7$（视所需破碎程度和抛掷距离而定）；K_z 为结构物壁的坚固性系数，是与壁厚对直径的比值有关的系数，$K_z=1.1\sim1.7$；δ 为结构物壁厚，m；R 为结构物内半径。当结构物为非圆筒形时，以等效壁厚 δ 和等效半径 $\overline{R}$ 代替 δ 和 R，此时 $\overline{R}=(S_R/\pi)^{\frac{1}{2}}$，$\delta=\overline{R}\ [(S_\delta/S_R+1)^{\frac{1}{2}}-1]$，$S_R$ 为非圆筒形结构物水平截面积，m^2；S_δ 为非圆筒形结构物周壁的水平截面积，m^2。

在结构物内药包布置视结构物截面形状，壁厚相等与否，可采用单药包或多药包的中心布置或偏心布置，药包入水深度为注水深度的 2/3，注水深度一般为结构物高度的 0.9 倍，且应大于结构物直径的 2 倍。

长方形容器状构筑物，为使作用于壁体的爆炸压力大致相等，可将计算的总药量分成 2～4 个药包，分别放于水中，调整药包至四壁的距离使之大致相等，对不等壁厚，采用等差药包或偏炸药包，环境复杂的爆破，也可采用定向水压爆破。

水压爆破用于采掘作业中，可降低炸药单耗和振动强度，用于回采工作面落煤，可防止瓦斯、煤尘爆炸，提高爆破安全性，减少煤尘浓度，提高块煤率。

在采掘作业中的水压爆破有将炸药包直接装入充水的炮眼内和将炸药包先装入充水的塑料管内再将其装入炮眼的两种方法，前者是在向孔内注入压力水时，使放于孔口的密封圈膨胀并与孔口紧密贴合起到堵塞作用，后者是将充满水的塑料管口加上盖帽用乙烯绝缘带密封。形成一装药整体，称 AB 管（aqua blasting system）。为了使 AB 管爆破具有定向作用则将管内装入两块金属凹面反射板（板厚 1.0mm）（见图），再充满水（称 ABS 管）可产生聚能效应，用于光面爆破的定向断裂。



ABS 管定向聚能原理截面图

1—AB 管；2—反射板；3—药包；4—水

水压爆破是近几年发展起来的一种新技术，最早，瑞典和挪威将水压爆破用于城市建筑物的拆除，20 世纪 70 年代初期，丹麦、日本等国又把它用于各种容器状结构物的拆除，70 年代末，日本又把它应用于隧道掘进爆破和石材切割。中国自 20 世纪 80 年代初采用水压爆破法进行了各种各样的构筑物的拆除和巷道掘进，回采爆破，收到了很好的效果。

参考书目

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1990。

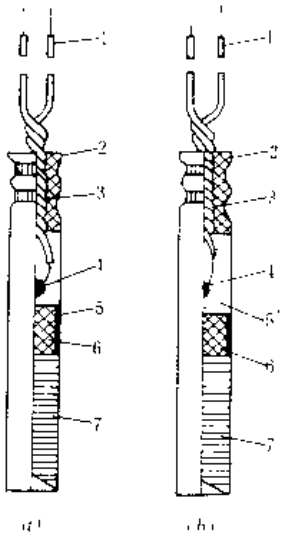
杨人光等，《城市建筑物爆破拆除》，中国建筑工业出版社，1986。

（王树仁 刘清泉 陈士海）

shunfa dianleiguan

瞬发电雷管 （instantaneous electric detonator） 曾称“即发电雷管”。不装延期元件或延期药，以电能激发后瞬时爆炸的电雷管。它由脚线、管体、塑料塞、点火头、加强帽、起爆药和猛炸药组成。结构见下页图。

瞬发电雷管有装配式和直插式两种。都由引火元件插入火雷管中，在管口处将塑料塞卡紧而成。装配式引火元件有脚线、桥丝和点火头。点火头为桥丝周围涂抹混匀的点火药，形成滴状，由桥丝通电发热引燃，又称点火头装配式，是瞬发电雷管的典型结构。直插式是雷管无加强帽，引火元件（无或有点火头）直接插入散装起爆药 DDNP 中，桥丝通电发热直接引爆起爆药或



瞬发电雷管结构图

a—装配式瞬发电雷管；*b*—整体式瞬发电雷管

1—脚线；2—管体；3—塑料塞；4—点火头；5—加强帽；5'—散装起爆药；6—起爆药；7—猛炸药

通过点火头引爆起爆药。

引火元件是决定电雷管引火性能的关键元件，桥丝和点火头起主要作用。引火元件需符合以下要求：①点火强度需保证起爆药引爆；②在规定电流冲量作用下能产生足够的热量，使点火头立即发火；③在杂电条件下不会使点火头产生发火；④在贮存期内保证物理化学安定性和电性能的稳定性；⑤在生产、运输、使用条件的冲击、振动、拉曳不会引爆。

引火元件有刚性和弹性两种结构。①刚性结构，以绝缘片间隔两金属片（连接两条脚线）形成固定机构，桥丝焊接在两金属片间，结构稳定性强，便于机械制作和焊接。②弹性结构是在脚线小头上直接焊接桥丝。桥丝一般使用镍铬合金丝、康铜合金丝、钢丝等。材质、线径和长度根据电参量要求选择。点火药由氧化剂和可燃剂混合组成，经粘合剂调合，其组成系列有硫氰酸铅－氯酸钾系、DDNP－木炭－氯酸钾系、木炭－氯酸钾系。

瞬发电雷管用于各项工程爆破，由于引爆时间相同，它只适用于要求同时引爆的炮眼，或作为延期电雷管的第1段。瞬发电雷管是工业电雷管的基础，在电雷管中是最早使用的品种，基本原理和结构迄今仍无改变，仅在起爆药传爆药的品种、管壳材质等方面有所改进。

（徐中禧）

songdong baopo

松动爆破 （standing shot） 岩体只碎裂不飞散的爆破方法。其特点是岩石爆破后碎而不飞，形成的破碎体基本上堆积或塌落在爆破漏斗或被爆岩体原所占空间范围内而很少（或不）飞散。单位耗药量小、空气冲击波效应小，而地震效应较大。该法多用于石方开挖，露天剥离采矿、井下崩矿、矿柱回采等爆破工程。

按松动程度不同，有标准松动爆破和加强松动爆破，它们是按爆破作用指数n（爆破漏斗半径与最小抵抗线的比值）划分，$n<0.75$ 时为标准松动，$0.75<n<1.0$ 时为加强松动爆破（亦称减弱抛掷爆破）。其炮孔或药室布置方法和抛掷爆破大体相同，在药量计算或单位炸药消耗量的取值上有所不同。

松动爆破装药量计算仍遵守体积公式的原则。标准松动爆破装药量计算为：

集中药包：$Q=ek'w^3$ (1)

条形药包：$Q=ek'w^2l$ $q=ek'w^2$ (2)

式中k'为标准松动爆破单位耗药量，kg/m^3；w为最小抵抗线，m；e为炸药作功能力换算系数，对于2号岩石铵梯炸药$e=1.0$，则铵油炸药$e=1.05\sim1.15$；q为条形药包每米装药量，kg/m；l为条形药室长度，m。

加强松动爆破装药量计算为：

集中药包：$Q=ekw^3f(n)$

$$f(n)=(0.4+0.6n^3) \quad (3)$$

条形药包：$Q=ekw^2\cdot l\cdot f(n)$

$q=ekw^2f(n)$

$q=ekw^2f(n)$

$$f(n)=\frac{1}{2}(1+n^3) \quad (4)$$

式中k为标准抛掷爆破单位耗药量，kg/m^3；$f(n)$为爆破作用指数的函数，其他同前。

k'、k、n是影响爆破效果的重要参数，可以通过试验确定或参照经验值选定。k'值一般为k的0.33～0.4倍，即$k'=0.33\sim0.4k$。爆破作用指数的函数$f(n)$是通过工程经验总结已有多个表达式。中国应用最多的是适用于集中药包的鲍列斯科夫公式：$f(n)=(0.4+0.6n^3)$，适用于条形药包的以中国铁道科学院总结的$f(n)=\frac{1}{2}(1+n^3)$公式更符合实际结果。加强松动爆破的爆破作用指数n的确定是与最小抵抗线大小有关的，在$w<15m$时一般按标准松动爆破计算，在$w>15m$后n值应随w的加大而加大，直至$n\leqslant1.0$。

松动爆破技术在中国露天矿山应用较为普遍，据

统计，一次装药量万吨以上的已有3次，其中一次装药量为10162.2吨。随着松动爆破技术的发展，已在愈来愈多的工程中推广应用，由过去的矿山开采，发展到土建工程、农田水利、电力工程和土石方开挖，并在深翻土地、平整场地、围海造田等方面积累了不少松动爆破的科学技术资料。

参考书目

冯叔瑜、马乃耀，《爆破工程》，中国铁道出版社，1980。

张荫，《露天矿爆破工程》，中国矿业大学出版社，1986。

（刘清泉　张金泉）

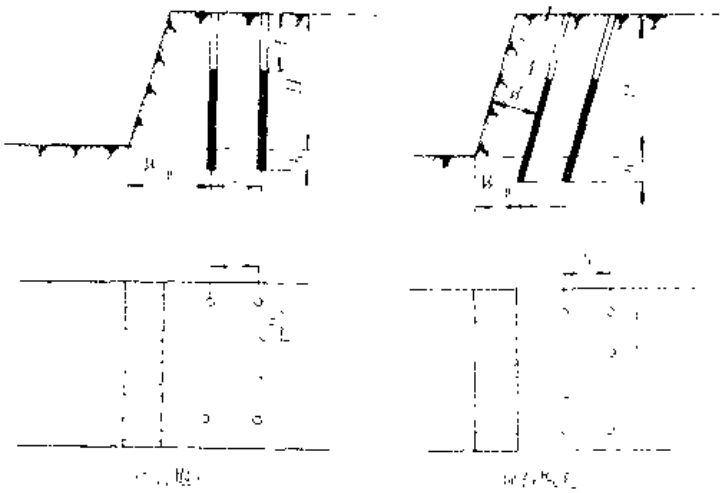
T

taijie baopo

台阶爆破 (bench blasting) 在露天采场台阶上进行爆破的方法。按台阶高度和装药形式不同分浅眼爆破法、深孔爆破法和药壶爆破法。其特点是在两个自由面条件下进行爆破，露天作业对炸药爆炸产生的有害气体含量一般无严格的限定。

台阶浅眼爆破主要用于采石场和台阶高度较低的场所。台阶深孔爆破是矿山剥离、采矿的主要方法。台阶药壶爆破是在炮孔底部先用少量炸药将孔底爆破成空腔（形成药壶再装药的爆破方法）。以便多装药且使柱状药包变为集中药包，增强抛掷效果和克服台阶底盘抵抗。采用药壶爆破时扩壶施工困难且爆破块度不均，故多用于钻孔机械少的特殊条件。

台阶爆破的炮孔有垂直和倾斜两种，见图。台阶倾斜深孔爆破矿岩破碎均匀，容易保持所需台阶坡面角，操作人员和钻机设备均较安全。但钻倾斜孔的技术较复杂，装药过程易堵塞，钻速较垂直孔慢，有的钻机只能垂直向下穿孔，所以，垂直孔仍然用的比较广泛。



台阶爆破炮孔布置图

H—台阶高度；h—超深；$W_{底}$—底盘抵抗线；L—填塞长度；a—孔距；b—排距

多排孔布置有三角形、正方形和矩形三种，其中三角形布置炸药爆炸能量分布较为理想，许多矿山多采用此法。

爆破参数 台阶浅眼和深孔爆破的爆破参数，根据台阶高度、岩层性质和地质构造等合理确定。

炮孔直径（D）根据台阶高度、年钻孔工程量和依此所选定的钻孔设备确定，大型露天矿多采用 200mm 以上孔径，中小型露天矿采用 150～200mm 的孔径。

孔深 L 随台阶高度 H 和超深 h 而定，即 $L=H+h$。超深（h）是指钻孔在台阶底盘标高以下一段的深度，其作用是降低装药中心的高度以便有效地克服台阶底盘抵抗，它根据岩石的可爆性、岩层构造和底盘抵抗线（$W_{底}$）的值来确定，一般取 $h=(0.15-0.35)W_{底}$。

底盘抵抗线（$W_{底}$）与孔径和岩性密切相关，它影响爆破效果和经济指标。底盘抵抗线的确定应考虑钻孔作业安全、满足炮孔装药条件和药包直径所能克服的最大抵抗等因素。常按经验公式 $W_{底}=KD$ 进行计算，式中 K 为岩性和炸药性质的影响的比例系数，一般 $K=22\sim45$，坚硬岩石取下限，反之取上限。

孔距（a）与排距（b）是与底盘抵抗线相关的参数，$a=mW_{底}$，$b=(0.6\sim1.0)W_{底}$。式中 m 为炮孔密集系数，一般爆破取 $m=0.8\sim1.4$，宽孔距爆破 $m=2.0\sim5.0$。

填塞长度（L）应能阻止爆炸气体产物过早地冲出孔外，使破碎更加充分。一般填塞长度为孔径的 12～32 倍，视岩石和炸药的性质而定。

每孔装药量（Q）是按不同岩层爆破每立方米岩石的单位炸药消耗量和每一炮孔所承担的爆破岩层体积来确定。单排孔爆破可按 $Q=q\cdot a\cdot H\cdot W_{底}$ 计算，式中 q 为单位炸药消耗量（kg/m^3），可根据定额或经验数据确

定。多排孔爆破时，从第二排起以后各排的每孔装药量可按 $Q=k\cdot q\cdot a\cdot b\cdot H$ 计算，其中 k 为考虑前排阻力的增加系数，$k=1.1\sim1.2$。

装药结构 有连续装药和间隔装药两种。连续装药施工简单，为主要采用的装药结构。为改善爆破质量或钻孔通过软硬相接的地层可采用间隔分段装药，一般将装药分为两段，个别情况分为3～4段，按地形或台阶坡面的岩层状况确定分段的装药中心，然后再确定装药量、装药长度，间隔段可以是空气、砂石或炮泥。炮孔底部采用空气间隔可以提高柱状装药的中心，借助孔底空气间隔段延长爆生气体压力的作用时间，使炮孔底部得到充分破碎，以减小或取消超深并能获得良好的爆破效果。

毫秒爆破在台阶深孔爆破技术上有了新的发展。如压碴爆破、大区多排毫秒爆破，大孔距小抵抗爆破等。通过改变孔网参数，起爆方案，选择合理毫秒延迟时间，采用间隔装药等技术可取得良好的爆破效果和较高经济指标；爆破块度均匀，大块率降低，提高了每米炮孔爆破量，降低了炸药单耗，提高了铲装效率。

参考书目

张荫，《露天矿爆破工程》，中国矿业学院出版社，1986。

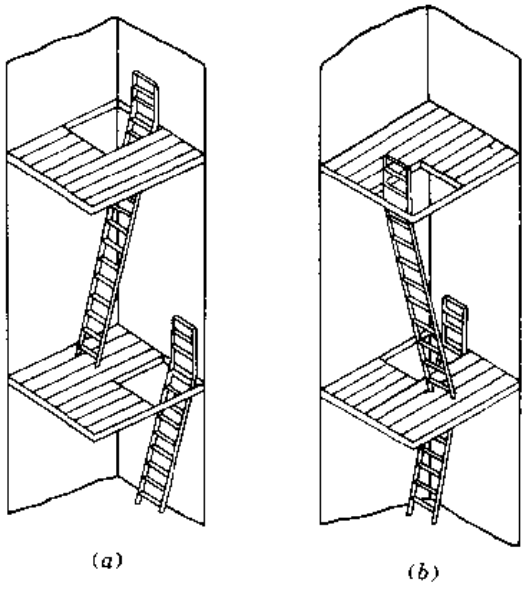
（王树仁 刘清泉 张金泉）

tizijian

梯子间 (ladder compartment) 井筒中设有梯子用作安全通道四周封闭的隔间。主要作为停电和井下发生突然事故时的安全出口，亦可用以检修井筒装备和处理卡罐事故。它由梯子、台板、壁板（网）、梯子梁等构件组成。

中国《煤矿安全规程》规定："每个生产矿井，必须至少有两个能行人的通到地面的安全出口"，"倾角大于45°时必须设置梯道间或梯子间"。因此，当一个矿井只用两个立井开拓时，两个井筒均需设置梯子间，当多于两个立井时，通常在副井和风井内设置梯子间。

梯子间的布置 尽量与管路、电缆位置靠近，以便检修工作。梯子间的布置要做到使用安全方便和节省材料。中国《煤矿安全规程》中规定："立井梯子间中，安装的梯子角度不得大于80°，相邻两个平台的垂直距离不得大于8m"。在无提升设备的井筒中，梯子间两相邻平台的垂直距离为4m或6m，有提升设备的井筒中梯子间两相邻平台的垂直距离和罐道梁层间距相同。梯子间台板上的孔口大小，从人员通过的方向看，左右宽0.6m，前后长0.7m，每架梯子上端伸出平台1.0m，梯子下端距井壁不小于0.6m，梯子宽度为0.4m，梯子阶的间距不大于0.4m。梯子布置形式有顺向式和折返式两种，如图，中国煤矿立井井筒中多采用折返式布置方式。



梯子间布置形式

a—顺向式；*b*—折返式

梯子间制作材料 有木梯子间、金属梯子间和玻璃钢梯子间。①木梯子间的壁板、平台板用木材制作。梯子梁、梯子用金属制作，木梯子间使用寿命短，维修量大，20世纪80年代以后很少采用。②金属梯子间强度大，加工方便，材料来源广，中国煤矿中应用广泛。但梯子间中的金属壁网等构件腐蚀快，使用寿命短。③玻璃钢梯子间的梯子、梯子梁、平台板、壁板、支承座等均采用玻璃钢——钢复合材料制作，重量轻、安装方便、耐腐蚀、寿命长，20世纪80年代以来在中国煤矿广泛应用。

梯子间中的主要部件：梯子、梯子梁、支承座、台板按梯子间最多能容纳的人员重量和构件自重进行强度校核。

（陈同伦）

tishengji dianli tuodong xitong anzhuang

提升机电力拖动系统安装 (installation of hoist electric hauling system) 主要指主电动机、控制设备、供电设备安装和系统的整机统调工作。

主电动机安装 包括电机本体、润滑系统、通风系统三个部分的安装。

主电动机有交流绕线式异步电动机、交流同步电

动机、直流电动机二种类型。主电动机与提升机主轴通常经减速箱连接或直联两种方式。国内交流绕线式异步电动机的功率在1000kW以下，大都整机出厂，而大型同步电动机和直流电动机将定子、转子分装运输，现场组装。安装工作在对基础工程检查验收、表面清理、垫铁布置和接触面处理后进行。根据测量大线安装电机底座，利用机房行车吊装电机就位，进行转子抽芯检查，装配轴承。电机的找正是以先行安装的减速箱输入轴或提升机主轴为基准来调整其同轴度、平行度和对轮间隙。安装中应精确调整定子、转子的间隙，磁场中心位置和转子轴向窜动量，符合安装规范后紧固地脚螺丝并复核间隙再装定位销，刷架和电刷以及外部接线完成后进行二次灌浆。采用直联方式连接的电动机，转子与主轴悬臂端装配常用过盈配合和法兰紧固两种方式。过盈配合是将电动机转子内孔加热扩孔后套入主轴并以键定位。法兰连接是将电动机转子的内法兰盘与主轴悬臂端的法兰用特制螺栓紧固。新安装的主电动机要进行干燥处理、绝缘试验、电阻测试，并测定轴瓦间隙、窜动量，符合安装规范要求后，空试运行不少于2h，测量振动符合规定，各部温升正常。

主电动机有滚动轴承和滑动轴承两类。滚动轴承的润滑只需填入厂方指定牌号的油脂即可。滑动轴承有用油环和强迫油润滑系统两种。使用油环时在试运行中应加强观察，温升不得超限。专用油润滑系统包括油泵、集油箱、阀件、管路及附件。安装前应进行清洗，接头处不得渗油，管路坡度符合要求，油压、油位、油温、油量等监测保护装置调整正确，动作可靠。

主电动机采用强制通风方式时，安装设备主要包括通风机、过滤器、空气冷却器、加热器、金属风道等。冷却器和加热器根据地区气候条件采用，通风机一般为离心式机组，整体安装在基础或钢架结构上，通风机与风道口采用软连接，安装转动式油网过滤器时调整好传动链的速度与啮合，油池不得渗油，风道必须清洁密封良好，风流方向正确，风压保护工作正常。

控制设备安装 主要指换向接触器、控制盘(柜)、转子串接金属电阻、晶闸管串级调整装置、晶闸管变流装置、磁放大器、自整角机、电机扩大机、变频机组、测速发电机、深度指示器、自动调零装置、水平选择器、提升信号等设备的安装调试。

换向接触器是用于绕线式异步电动机改变三相电源相序的换接装置。换向接触器应按设计组装，稳固安装在构架基础上。接触器的衔接铁芯接合面应密贴、短路环完好。调整主触头的间隙、压力、接触面和三相触头接触的同时性。

控制盘(柜)是按照一定程序控制提升机启动、调速、制动、爬行、停止和换向的电器，一般为继电器元件的组合，这些设备大都随主机配套供应。安装前应进行外观检查，核对元器件的规格数量。待盘(柜)安装就位后应按设计完成内外部的接线，进入盘(柜)内的动力电缆和控制电缆应分开排列，固定牢靠，电缆头制作规范，柜内二次结线应按图查对，元器件整定后做好标记或封锁定位。磁力控制站的接触器衔铁吸合后接合面密贴无抖动，触头压力正常，接触良好，消弧栅齐全完好，触头动作时不得碰触卡阻。

转子串接金属电阻安装前应核对规格数量，清洁瓷件及电阻片，紧固接头。安装时各段电阻值应按设计配制，有序地安装在稳固的钢结构架上。配制时尽可能采用串联方式，各电阻箱之间应以最短方式的裸导线连接，接触良好。电阻值应采用精密表测定，对各相各段电阻的实配值与设计值之差不得大于设计值的10%。电阻箱的绝缘电阻不小于1MΩ。

晶闸管串级调速装置是控制晶闸管逆变器反电势大小来调节绕线式异步电动机转子转差电压，从而实现电动机的调速。主要包括接触器、三相桥式整流器、晶闸管逆变器、均流电抗器、反馈变压器以及它们的控制设备的安装调试。安装前对设备进行外观检查，核对元器件技术参数和作常规试验，检查元器件在柜内的装配质量和数量，校对二次接线。设备就位后完成外接线，电源的相序与触发相序必须正确。调试时改变晶闸管的逆变角，由小到大能够得到均匀的逆变电势，对电动机从0到95%额定转速范围内可实现无级调速。

晶闸管变流装置主要有整流、逆变和交流变流三种类型。安装前应按出厂技术文件及设计图纸对各单体器件、附属装置进行外观、装配质量、接线和绝缘检查。柜体、设备就位固定后完成外接线，对系统中各电源的极性、相序、各单元之间的连接进行核查，完成保护装置的整定，对调节单元进行特性测定、调整、试验，使其工作状态合理，使整个调速系统获得理想的静态特性和动态指标。

磁放大器是用非线性特性的铁磁材料制成铁芯，以交流和直流使其磁化进行电量变换，在提升机中作为放大元件得到了应用。安装接线应按设计选择绕组，组别极性正确。调试时根据用途测取单拍或双拍特性曲线，它的线性度、对称性、斜率调整要兼调有关组合电器的反馈和补偿，以获得最佳匹配。

自整角机是传递角度或信号的电感式角度传感器元件，在提升机电控系统中按成控制式和力矩式两种工作类型，用于信号传递的控制式自整角机按成变压器工作方式，如操作手柄控制速度的给定信号、减速凸轮板压动的行程反馈信号等。用于角度传递的力矩式

自整角机接成发送机和接收机工作方式，如深度指示器。自整角机安装应稳固，操作转动平滑。作信号传递时，希望输出电压与转角成直线关系，为此调整自整角机工作范围时，一般转角不超过50°，用于正反向信号的二台自整角机输出电压应对称。力矩式自整角机电轴连接线的相序应正确。

电机扩大机是一种旋转式的功率放大元件。在发电机－电动机直流拖动系统中多采用交轴磁场电机扩大机作为发电机励磁的电源。电机扩大机与拖动交流电机装在一个机座上，安装时防止剧烈振动和碰撞。电机扩大机有用于控制、补偿、交轴励磁、直轴换向、交流去磁等绕组，接线时必须正确选用与识别绕组标号及极性。机组就位后调整刷握位置、研磨电刷，电机旋转方向必须符合出厂标志。交流去磁电流值应取其剩磁电压最低点的值，在空载特性试验后进行负载特性试验与补偿调整。为使电机扩大机工作稳定，通常将外特性调整在欠补偿20%的范围内，补偿绕组中的串联电阻调整后应可靠定位、接触良好、严防松脱。

变频机组由直流发电机、同步发电机、整流子变频机、低频发电机及两台拖动电机组成。安装前应逐台进行检查，核对铭牌技术参数，按照设计位置组装固定，调整机组之间的传动装置和检查轴承并注油，安装研磨电刷，检查绝缘。调试主要内容有：三相同步发电机的转向、转速、输出电压和频率；变频机输出特性；三相低频发电机空载特性、在额定负载下的运行性能和整流情况；低频发电机相序测定等。

提升机控制系统中大都选用直流永磁式测速发电机作为检测速度元件。安装测速发电机时一般不需解体并严禁敲打，安装稳固，传动灵活，接线极性正确，电刷接触良好。测取转速－电动势特性曲线，线性度与正反转对称度要好。如输出电压波纹太大时需找出原因，必要时采取滤波措施。

深度指示器有牌坊式、圆盘式和数字式三种。牌坊式深度指示器传动装置的小圆锥齿轮应安装调整正确，保证圆锥伞齿轮副的啮合间隙符合要求，检查丝杆本身和装配的同心度，使带有指示标记的梯形螺母平滑运行；圆盘式深度指示器是二台自整角机通过电轴联系传递转角信号，一台与主轴传动装置连接为发送机，一台安装于指示盘上为接收机，电轴的三相接线应正确，安装前对传动部分和自整角机转动部分进行检查清洗，安装稳固，转轴灵活，无不正常的机械阻力，指针无振动或出现卡阻现象；数字式深度指示器是由轴脉冲编码器、计数器、中央处理器、锁存器、数码管组成并配有垂直移动的光标显示装置。安装后检查电源、数码管、计数器工作电平和编码器输出脉冲，应符合设计要求，轴脉冲编码器的信号应采用屏蔽电缆传送，屏蔽层必须良好接地。

提升容器在井筒中运行的实际位置与电气深度指示器指示的位置由于多种原因会产生误差，每提升一个循环就由自动调零装置自动校对一次，以消除误差。自动调零装置的安装要保证电气接线和控制开关位置正确，电机的调速与制动性能良好。

水平选择器是一套机械传动的机电组合监控器件，主要包括传动链、多组齿轮组、立轴、绳槽磨损校正器、机械离心开关、测速发电机、深度指示发送自整角机、提升机旋转方向探测器、速度保护电阻切除器、程序开关等。水平选择器安装时不宜将水平选择器的原有齿轮组解体重组装，但应检查清洗注油，根据各齿轮组的速比关系，调整好如下装置：当转速达到115%额定转速时机械离心开关应发出紧急制动信号，深度指示发送自整角机转速正确，接收机指示位置同步；测速保护电阻阻值的匹配能使继电器正确动作；程序凸轮开关能精确到达同步位置；旋转错向保护的方向鉴别与继电器动作正确；行程开关调整的位置能使各控制点的继电器正确动作。

提升信号是来自井筒各水平的运行指令，它决定提升机操作方式的选择和停靠水平的位置。实现这一工作可由手动或自动进行。其安装接线应符合设计，调试中主要查对线路是否正确，使声光信号符合设计程序。

供电设备安装、统调　主要包括变压器、高压配电设备、低压配电设备、变流机组、电抗器、无功补偿和抑制谐波设备等。其中变压器、高压配电设备、低压配电设备、电抗器的安装调试参见地面供配电设备安装。

提升机直流拖动采用发电机－电动机系统时，需安装变流机组，它包括同步电动机、励磁机、直流发电机和机组的控制柜等设备。同步电动机和发电机大都采用二轴承组装，首先安装双轴承的同步机，以其主轴为基准安装直流发电机，调整定子转子间隙，校正磁极中心位置和调整好轴向游隙，组装汇流环和刷握，调整直流发电机炭刷中性位置，完成电气接线。同步电动机的励磁装置有同轴安装的励磁机、独立安装的小直流发电机组和晶闸管整流器三种形式。励磁电流按设计参数整定，调试控制柜使机组按照设计规定的程序启动，完成同步运行。空载运转不小于2h，温升与振动符合规定并作出发电机的空载特性曲线。

在所有供电设备、器件按设计位置安装就位、完成电气接线、试验合格、供电正常的基础上，对电力拖动系统进行统调，最终调整各元器件的位置和定值，达到提升机在设计规定的操作方式下，符合预定的速度图

运行。统调一般分不挂绳的空运转和上绳挂容器的空、重载调试二个阶段。

第一阶段主要调试电气系统。检查主电动机的速度控制和换向，修正凸轮板，调整给定和反馈信号，校核速度，检查机械传动装置的运转和润滑。由低速至全速检验空机控制性能，双卷筒缠绕式提升机调试离合器、多绳摩擦轮车绳槽，整定机械离心过速保护开关等。

第二阶段是对调速系统、闸控系统、各种控制开关位置的最终确定，并用设计规定的操作方式校验提升能力和制动性能。提升机上绳挂容器后、多绳摩擦轮可利用提升机低速安装尾绳，调整各主绳张力；利用容器安装井筒内各开关；完善提升信号系统。双罐提升应调绳对罐；精调水平选择器的各单极开关位置；核对提升机的速度图和监控点的正确性；精调自动调零控制开关；校对深度指示器。按设计调整制动系统，做提升机的负载和减速度的试验测定工作；提出调试报告。

（邹真阳）

tishengjifang

提升机房 （hoister room） 安设提升机、减速器、电动机、配电和电气控制设备的建筑物。

按提升机类型分为单绳缠绕式提升机房和落地多绳摩擦轮式提升机房。单绳缠绕式提升机房又分为单卷筒和双卷筒提升机房。按提升机台数分为单台、多台提升机房。两台提升机可同室或隔室布置，同室布置两台提升机的机房需分设隔音司机控制室，以免声光信号相互干扰。

提升机房多为单层和双层建筑。双层的底层可为地下室、半地下室和地面三种。常采用砖混、钢筋混凝土框架、排架结构。机房内可设或不设起重机。

提升机房的平面尺寸由设备安装布置图决定。一般墙边与机器非转动部分和转动部分之间、墙边与操纵台之间应按《煤炭工业矿井设计规范》留有通道。

提升机房底层或地下室的层高根据机器设备和电气设备布置而定，起重机轨面或起重梁底高度由吊装检修设备确定。起重机小车行走方向常与提升机轴线一致。绳孔在司机操作台对面墙上或屋顶上，出绳孔下部宜设验绳平台。采光窗一般常开在侧墙上，并设窗帘或镶雾化玻璃。两层提升机房通常在第二层设通往下层的楼梯和直通室外楼梯。

提升机房内安装直流电动机并采用发电机组变流时，通常设进风室、除尘器和通风冷却系统，并采取减少噪音措施。

提升机设备基础常采用少筋混凝土结构或钢筋混凝土构架式结构。按设备和提升系统提供的受力参数设计。设备基础要与房屋基础分开。提升机房楼面活荷载按设备安装检修要求确定，地面应选用耐用、不易起尘、易于清洗的材料。

（杨荫桓）

tishengji jixie shebei anzhuang

提升机机械设备安装 （installation of hoisting machinery） 矿井提升机分缠绕式及摩擦式两种，缠绕式提升机又有单卷筒、双卷筒之分，摩擦式提升机按其安装位置也有落地式和塔式之别，但它们机械设备安装的技术要领是相同的，主要包括机座、主轴装置、减速机、制动系统、润滑系统、车槽装置的组装、就位、检验和调试。

机座与主轴安装 机座安装包括主轴承、电机、导向轮、制动器等机座的安装。基础预留有地脚螺栓孔，上述装置通过平垫铁和成对斜垫铁的调整实现找平找正，用基础预留孔的地脚螺栓固定。垫铁的几何尺寸和布置在安装规范中都有严格的要求。主轴装置安装包括主轴承的就位找正，主轴与轴承、与滚筒、与电机转子的装配以及卷筒自身的组对和就位。首先根据测量定出的十字中心线依照设计找正找平主轴承座，然后主轴就位，装配轴承并找正，主轴的标高、水平度、轴心线与提升中心线的不垂直度必须符合安装质量标准。

当主轴承为滚动轴承时要通过油加热后装配到轴上的设计位置；装前要测出轴装配的直径配合公差，轴承加热时要勤测内圈直径，以保证适合装配为宜。如带有一定锥度配合的轴承，装配前后要测轴承内外圈间滚子的间隙变化值，该值必须在制造厂指定的范围内。轴承轴颈与轴瓦的接触面和顶、侧间隙必须符合安装质量标准。

主轴和卷筒用法兰高强螺栓联接时，因靠法兰摩擦力传递扭矩，高强螺栓要按制造厂规定的力矩、步骤拧紧。以法兰精制螺栓联接的，靠螺栓传递扭矩，组装时必须铰孔。主轴和滚筒采用过盈加键联接的要遵照制造厂说明的温度、方法对轮毂加热装配和加键。当卷筒和轮毂现场组装时要注意筒壳和轮毂的均匀贴合。为消除贴合面间隙允许加薄铁垫。为了运输方便，滚筒往往做成剖分式，现场要分半就位与主轴组对。卷筒间采用焊接联接的要遵照制造厂指定的焊条焊接工艺进行焊接，焊完后主焊缝要进行射线探伤检查。采用螺栓联接或铆接的应遵照安装规范中螺栓联接和铆接的要求进行。

主轴与电机转子的联接有法兰联接、过盈热装、过

盘热装加键三种。法兰联接又分高强螺栓和精制螺栓联接两种，过盈装配又分等直径和带一定锥度的两种。螺栓联接的要按制造厂说明的拧紧顺序和力矩拧紧，热装的一般采用电加热法。

内装式提升机是一种较新结构的提升机。主轴和电机原称之为转子的部分组合成一体，并通过机座固定在基础上为固定部分；电机原称之为定子的部分与卷筒做成一体，通过轴承和主轴组合为转动部分。它的安装和组装结合进行，安装和找正在工艺上与其他型式的摩擦式提升机基本相同，但组对焊接中要注意检查电机气隙、轴向偏移和注意保护好电气部分。

制动器与制动液压系统安装 提升机有盘形制动器和移动制动器两种。盘形制动器安装前要检查提升机制动盘的偏摆，使偏摆不大于 0.5mm。盘形制动器由制造厂组装到支架上，现场只需就位找正支架，主要保证支架端面与提升机制动盘中心偏差≤0.5mm，闸瓦的平均摩擦半径等于或略大于设计值，支架的标高差≤3mm，按设计找正液压站并接通管路后对制动器进行同一付制动器闸瓦间的不平行度，闸瓦与制动盘的间隙、闸瓦与制动盘接触面积的检查和调整，使之符合安装规范，要特别注意瓦和制动盘不得沾有油脂，制动盘要用去油剂洗净。移动制动器分平移和角移式两种，闸座安装主要保证闸瓦中心与闸轮宽度中心不超过 2mm，闸座销轴中心位置差不超过 3mm，然后调整非工作时的间隙和工作时的接触面，使之符合安装规范要求。

制动液压系统安装 包括液压站、管路的安装调试。液压站由厂家组装为整体，现场只需按设计就位找正。管路要平直整齐，油质要清洁，油路要畅通，无渗漏。液压站的调试主要是对阀的整定，调整油的压力、流量参数，使提升机在正常运行情况下停车平稳制动，在出现事故时实现紧急制动安全停车。制动液压系统在性能上分恒制动力和恒减速两种，恒制动力液压系统不管提升机负载、运行速度如何变化，其制动力恒定；恒减速液压系统在紧急制动时，液压参数受实际负荷、运行速度参数控制，保证紧急制动时减速度恒定。

其他部件安装 减速机、润滑站、车槽装置、导向轮等的安装。

减速机安装主要包括箱内清洁、通过对联轴器的检测找正减速箱输出轴的同心度和水平度、检测齿轮的顶间隙侧间隙和啮合接触面积，使之符合安装规范的要求。

润滑站有油脂润滑和稀油润滑两种。轴承采用油脂润滑的，油脂要经过化验，其性能要符合制造厂的要求。主轴承为滑动轴承时大都采用稀油润滑，并设有润滑泵站，安装后要求泵站的油质清洁、油路畅通无泄漏、运转正常，通过节流阀调整流量，使之符合说明书要求。

车槽装置依提升机型式的不同而异。加工缠绕式提升机衬木的车槽没有专用设备，可以木工刻槽，也可采用普通车床改装，由临时专设电机驱动卷筒进行车槽。摩擦式提升机采用特制的摩擦绳衬，设有专用车槽装置，装在卷筒两出绳间的中空位置，利用主电机驱动卷筒进行车槽。车槽装置安装要保证其水平度，对称中心线与卷筒中心线的不重合度不超出安装标准的规定。

塔式摩擦式提升为满足两提升绳间的距离和加大绳在卷筒上的围抱角设有导向轮。导向轮主轴承一般采用滚动轴承，各单个导向轮与主轴间一个为固接，其余均采用滑动轴活接。导向轮装置就位找正时，其轴心线与主导轮的轴心线的不平行度不得超过轴长的 0.3/1000；与设计中心线水平位移不应超过 2mm；自身的水平度也应在 0.2/1000 范围内；与主滚筒对称中心线的不重合度不应超过 1mm。导向轮组对时要特别注意轮毂部位螺栓联接的拧紧力要适度，既要保证轴瓦和轮毂的良好贴合，又要保证瓦不变形。

检验与调试 检验包括工厂制造中检验、货到现场开箱检验、安装前的清点拆洗检验和安装完毕后的运行性能检验四部分。在工厂制造中的检验简称中检，主要检查关键部件的材质及几何尺寸，制造精度和一些性能参数的检查、试验。到货开箱检验在现场仓库进行，主要是外观、规格型号、数量核对，依据是装箱单和合同。安装前对设备清点、拆洗、上油检查是安装单位施工前的准备工作的重要环节，在安装现场进行，是对设备外观、规格型号、数量、部分内在环节、质量再一次检查，也是施工单位接收设备不可缺少的过程。运行性能检验是提升机在空载、负荷试运行中，观察、检测提升机整体运行状态和各部件的运行状态、运行参数是否符合设备的性能要求。运行性能检验是对提升机最终的综合性能检验。

提升机机械设备的调试和电控系统及整个提升系统的调试结合进行。主要是制动液压系统油压、制动力、制动过程的调整试验。一般分为运行前调试、空载运行调试、重载运行调试三个步骤。直至上述参数符合设计要求为止。提升机机械设备安装和调试过程中所有有关参数和技术数据都要作详细记录，它是提升机安装完毕移交验收的重要依据资料，也是设备建档的重要资料之一。

（邹贵运）

tisheng rongqi anzhuang

提升容器安装 (installation of hoisting conveyance) 主要包括罐笼安装、箕斗安装、平衡锤安装、提升钢丝绳缠绕、平衡尾绳悬挂、制动钢丝绳挂装、防坠保险器安装及提升容器的调试和试运行。

提升容器安装须在井架竖立找正、天轮安装固定、提升机安装调试、空车运行符合技术要求，且井筒装备安装完成后进行。

缠绕式提升机提升容器的安装一般顺序是：①提升机缠绕提升钢丝绳，要求缠绕时提升机运转速度不大于 0.5m/s；②在上井口装临时托梁，把提升容器移至井口托梁上，检查容器与罐道的配合尺寸是否符合规定；③将活动卷筒钢丝绳与提升容器连接固定，把提升机活动卷筒锁死，打开离合器，再将固定卷筒钢丝绳与提升容器连接固定；④提升机低速运行将固定卷筒侧提升容器下放到井底，两提升容器对准上、下井口位置，合上离合器；⑤提升机低速运行，检查提升容器在井筒中运行情况，如有卡阻、碰撞现象，应立即处理；⑥安装防坠器应先在井架上安装好缓冲器和连接器，制动绳上端与连接器连接固定，然后把制动器运进罐笼内，下放罐笼悬挂制动绳。制动绳下部与固定装置连接并调整好张紧力。在罐笼上安装好捕绳器后要进行静力试验和脱钩试验。脱钩试验在上井口进行，必须按设计要求进行试验调整工作。

多绳摩擦式提升机提升容器的安装方法一般有两种。一种方法是利用凿井绞车将一侧提升容器下放到下井口，然后下放提升绳和连接装置与下井口的提升容器连接固定，最后将提升绳另一头与另一侧提升容器连接固定。另一种方法的安装顺序是：将所有提升绳分别缠绕到凿井绞车上，提升绳通过临时天轮与上井口一侧的提升容器连接装置连接固定。同时，启动各台凿井绞车利用提升绳缓缓下放提升容器至下井口，在上井口架设钢梁将提升绳用绳卡锁固，倒出凿井绞车卷筒上余绳并牵引到摩擦式提升机的绳槽中后，再与井口的提升容器联接拉紧固定。松去井口绳卡撤除钢梁使提升机摩擦轮受载，启动提升机进行慢速正反向运转数次，并调整提升张力，当运转正常后可以悬挂平衡尾绳。提升容器在下井口将架在巷道内的平衡尾绳和容器底部的悬挂装置连接固定，然后启动提升机将平衡尾绳随提升容器提升到井口，再将平衡尾绳盘上的全部余绳倒出来，逐根牵引穿过井底的尾绳挡梁，再与另一侧提升容器的尾绳悬挂装置连接固定。安装就绪后，应对提升钢丝绳进行调绳工作，使所有提升钢丝绳的张力平衡。

提升容器安装完成后，提升系统必须经过空载和重载试运转，各部分运行正常后，才能投入生产性运行。

（周建华）

tong feng ji fang

通风机房 (fan-room) 供安装矿井通风机及其辅助设备的建筑物。通风机房靠近矿井井筒布置，通过风道与井筒连通。煤矿安全通风要求有返风功能，可以由机器自动改变风流方向和利用风道风门改变风流方向返风。

通风机房的平面尺寸由通风机及辅助设备的布置决定。机房内墙壁与设备活动部分、固定部分均应按《煤炭工业矿井设计规范》留有通道。机房高度一般不低于 3.5m，如有安装梁，房屋高度由检修安装决定。房内应有通风散热措施。

通风机房一般并列布置两台通风机，各自向室外留有安装孔，通风机房基础应与风道、通风机基础分开，通风机与电动机基础按动力设备基础设计，并满足设备安装要求。

通风机房用耐火不燃材料构筑。机房除与配电室联合建筑外，不与其他建筑物联合。对于轴流式通风机，利用风道风门返风时，其进风室与机房联合建筑，设有进风百页窗和金属栏网，门应密闭。机房内应采取消音和防止煤尘污染措施，应设集中供暖，不准用明火采暖。必要时设隔音电话间。

（杨荫柽）

tongfeng xitong shebei anzhuang

通风系统设备安装 (installation of ventilation equipment) 主要包括：通风机组安装、电气设备安装、辅助设备安装、通风机的调节和试运转。由于矿井通风设备要求长期连续正常运转，只有在矿井停产或备用机组投入运行时才能停机检修调整，所以对设备安装质量要求较高。

通风机组安装 包括通风机、电动机、润滑系统的安装。矿井通风机有离心式通风机和轴流式通风机两种型式。

在通风机房及地面风道的土建主体工程完成后，把已经清洗过的部件在机房进行总装配，小型离心式通风机在现场整体安装。通风机的机体、主轴装置（传动轴）是机组安装的关键部件。通风机主轴中心线与风道中心线一致，主轴的平面位置、水平度、标高应符合要求。轴流式通风机的传动轴较长，装配时做一临时支撑托座承托传动轴进行操平找正，确保通风机、传动



轴、电动机的轴心线一致。通风机的轴承有滚动和滑动两种型式，有的使用球面轴瓦滑动轴承，要严格按照出厂技术规定装配和调整。轮叶与外壳装配要留有间隙，以防与机壳相碰。轴流通风机的叶片安装角度应根据设计规定调整，扩散器与风筒接口处不得漏风。

通风机是以异步电动机或同步电机来拖动。对于大型电动机要抽芯检查、装配轴承，然后与通风机连接，其连接方式通常为直联式，采用弹性柱销联轴器或齿轮联轴器相连，电动机的找正是以安装好的通风机为基准，以调整其同轴度、倾斜度、对轮间隙。

大型通风机滚动轴承多为润滑脂润滑，只需填入轴承腔容量80%的二硫化钼锂基脂。主轴承为滑动轴承的设有专用的润滑系统，包括油泵、集油箱、输油管路以及安装在油管上的各种油路附件，各部件均需进行清洗，接头处不得渗油漏油，管路坡度符合要求，油位继电器应进行校验，最后再作调整试验，调整油压及给油量。

电气设备安装 主要包括变压器、高压开关柜、低压配电盘、控制屏和启动设备等。由于电动机型式、电压等级、起动方式以及配电用的启动设备不同，其安装内容也各不相同，待机房配电室土建主体工程完成后，即可进行电气设备就位、调整、固定、接线、检测、整定，最后分别作一次回路和二次回路的操作试验和传动试验，待通风机及辅助设备安装完成后，即可送电试运转。

辅助设备安装 主要包括风门装置及风门绞车、井口防爆门等。风门框、风门及导向绳轮等风门装置在土建工程混凝土风道完成后在现场配装。风门绞车为整体安装，通电试车后才能挂绳，要求风门开闭灵活、不漏风、风门绞车转动行程和风门开闭角度相匹配。出风井井口防爆门要调整所悬挂的配重，使其升降灵活。

通风机的调节和试运转 包括工况调节、机组启动试运转及反风试验三个内容。

通风机安装后，应进行工况调节，以获得最佳运行效果。工况调节有风门节流，改变叶片角度、改变转速三种方法。风门节流是利用装设在通风机进风风道中的风门开关大小，改变附加阻力和矿井通风网络阻力的大小，以调节通风机工况，改变叶片角度，即改变装于叶轮轮毂上叶片的角度大小，通风机的风量、风压曲线发生变化，以达到工况调节，改变转速法主要是更换电动机、改变传动速度比和使用液力联轴节等，达到工况调节。

在机组安装完成后，要对通风机做启动和试运转，试运转之前要先做好起动前的准备工作，包括：对润滑系统进行注油试验，各个风口进行开关试验，长期不通电的电气设备要检测绝缘电阻；主电机空运转8h无异常状况；关闭进风门、打开出风门，使起动负荷最小，盘车转动主轴装置无卡阻现象；检查电动机旋转方向正确；起动润滑油泵，润滑系统工作正常等。完成这些工作后即可送电起动，当电动机达到正常转速时，根据工况点的需要调节进风门投入试运转，通风机安装后应连续试运转48h，在运转中检查各部轴承温度、电动机温度以及各种监测仪表数值符合规定，如无异常即可投入运行。

反风试验是通风系统设备安装后必须进行的安全运行试验，试验方法主要是通过变换各风门开关状态来改变矿井通风风流方向。

（管松龄）

W

weihu dongjie

维护冻结 (maintainable freezing) 冻结壁形成后，为维持其设计要求继续向冻结器输送冷媒剂进行的冻结工作。此过程称为冻结壁维持期或维护冻结期，任务是将未冻结岩土传给冻结壁的热量吸走，使冻结壁的厚度和强度保持稳定状态，确保冻结段掘砌工作安全。

冻结壁维持期与积极冻结相比，从冷冻站所获得的冷量少、循环盐水的温度高且流量少。维护冻结期随井筒掘砌时间的延长而延长，冷冻站的运转费用也随之增加。

在此期间也应对温度检测孔的温度和井筒掘进时井帮温度进行检测，使制冷站的供冷工作与井筒掘砌施工密切配合，及时调整循环盐水的温度和流量，防止冻土向荒径以内过多的扩展。加强对盐水箱水位和冻结器工作状况的观察，及时发现冻结管断裂等意外情况。

(汤志斌)

wendu guancekong

温度观测孔 (temperature observation hole) 又称测温孔。装有测温管以监测冻结地层温度变化的钻孔，通过它对不断变化的冻结温度场进行检测，可以了解不同冻结时间、不同深度、不同岩性、不同冻结孔间距和不同盐水温度等对冻结壁形成的影响，掌握冻结壁的平均温度、厚度和强度，为井筒冻结与掘砌的配合提供依据。

测温孔应布置在设计冻结壁的范围以内、偏斜值较大的两个相邻冻结孔的界面上。深井冻结应不少于3孔，设置在冻结孔布置圈径的两侧，孔深按设计施工，但不得大于冻结深度。

测温孔钻进，每隔20～30m测斜一次，偏斜率应符合规定。孔内插入带底锥的、直径90～140mm的钢管(测温管)，下管后应进行打压试验，管内灌入防冻液(盐水)供埋设测温元件用。孔内的测温工作应与井筒冻结同时进行，井筒冻结前先测出不同深度上的地层温度，随后每天在同一时间内测温一次并记录。中国常采用铜－康铜热电耦测量温度。

(汤志斌)

wensheng

稳绳 (guide rope) 立井施工时，悬吊在井筒中专门用作吊桶升降导向的钢丝绳，其作用是减少吊桶运行时的摆幅、防止与井筒内其它设备碰撞。

每个提升吊桶须设两根稳绳，它们与提升钢丝绳处在同一垂直平面内，并与吊桶卸矸方向相垂直。在吊桶上方安设滑架，滑架的四个滑套沿着两根稳绳滑行，以保证吊桶平稳升降。稳绳下端用吊盘或稳绳盘固定并拉紧。稳绳上端通过悬吊天轮后缠绕在凿井绞车的卷筒上。

根据中国《煤矿安全规程》和《矿山井巷工程施工及验收规范》规定，吊桶必须沿稳绳升降，无稳绳段的提升高度不得超过40m。因此，设有稳绳的掘进吊盘或稳绳盘距立井掘进工作面的高度应控制在15～40m之间。吊桶每根稳绳的刚性系数不得小于100N/m，各绳的张力应相等。当井深大于500m时，两吊桶或其他提升容器相邻的两条稳绳之间的距离应大于450mm。井筒深度超过100m时，悬挂吊盘用的钢丝绳不得兼作稳绳使用，如果兼用，必须报矿务局总工程师批准。

对稳绳的要求是：表面平滑、表面积大、抗腐蚀性能强、耐磨性能好，且具有较高的抗弯、抗扭性能，因此最好选用密封式或半密封式钢丝绳，宜采用三角股型钢丝绳或6股7丝圆形股钢丝绳。为防止吊盘或稳绳盘扭转，对于固定在同一盘上的稳绳应选用ZS捻向钢丝绳，即两绳的编捻方向相反。稳绳的安全系数应大于等于6。

稳绳盘 悬吊在立井井筒掘进工作面上方，主要用作固定和拉紧稳绳的盘状结构物。凿井工程中仅在



长段平行作业方式时使用专设的稳绳盘，一般用吊盘兼作稳绳盘。

当井筒施工采用长段平行作业时，稳绳盘设在吊盘下方，除用于拉紧稳绳外，还可设置或悬吊部分掘进设备，并有保护工作面施工安全的作用。稳绳盘可在井筒中垂直移动。一般掘进工作在稳绳盘以下15～20m处进行。

稳绳盘结构与吊盘相似，一般为单层的金属结构物，用各种型号的工字钢、槽钢、网纹钢板（盘面也可铺设木板）、角钢和连接件等加工而成。盘面设有吊桶通过喇叭口，风筒、吊泵、安全梯及其他管线等通过口，通过口一般都设有盖门。稳绳盘中心必须留出井筒中心测孔，其规格不得小于200mm×200mm。稳绳盘直径约较井筒掘进直径小500mm，在固定以后它与井壁的间隙要用活遮板（折页）遮严。

稳绳盘必须单独设凿井绞车（稳车）与吊盘分开悬吊，悬吊方式同吊盘。稳绳盘各悬吊绳与吊盘、固定盘、封口盘各梁之间应错开一定的距离。

（汪元恒）

wuqibaoyao leiguan

无起爆药雷管 （non-primer detonator） 雷管装药中无起爆药的雷管。传统雷管的主装药或基本装药为起爆药。最早的雷管甚至全装起爆药，后因起爆药的危险性和威力较小，就以它为起爆猛炸药的药剂，以猛炸药作为雷管的副装药（又称加强药，传爆药）。起爆药是炸药中最敏感的品种，具有危险和污染环境等缺点，因此出现取消起爆药只装猛炸药的无起爆药雷管。它制造和使用比较安全。

原理 雷管爆炸有两个基本过程，点火后由爆燃转为爆轰的过程，和稳定爆轰的过程。前一过程为起爆，后一过程为对外作功（引起炸药爆炸）。起爆药感度高、爆轰成长期极短。猛炸药则感度较低、爆轰成长期较长，须由起爆药引爆才产生爆炸作功。为此，采用敏化猛炸药的方法，再辅以强化措施，使猛炸药在点火能作用下，由爆燃迅速转变为爆轰，达到相当于起爆药的作用以取消起爆药。

构造 无起爆药雷管的装药有起爆和传爆两部分。传爆部分装传爆药，仍按规定的猛炸药的药量和工艺。起爆部分由敏化的猛炸药和强化引爆的内管组成爆燃转爆轰的起爆元件，在特别强力的点火能作用下能直接引爆猛炸药。①作为引爆药（猛炸药类）可供选择的有：猛炸药中感度较高者或其混合物、新型炸药、混合爆炸物。猛炸药不易为简单的点火能起爆，故需采取物理化学方法加以敏化，如加以粉碎增加其微粉量；混合入能增加感度的其它炸药、氧化剂、吸能剂或金属粉末（如苦味酸钾、高氯酸盐、铝粉、锆粉、碳黑等）。新型炸药［如代号为CP的高氯酸2－（5氰基四唑酸根）五铵铬钴］，但新型炸药有可能属于起爆药。爆炸混合物有：硫氰化铅、亚铁氰化铅、高氯酸钾的混合物等。②雷管结构的强化。雷管除管壳起约束作用外，管内起爆药上的内管，起加强起爆能力的作用。无起爆药雷管为加速爆轰转化和起爆能力，采用加长内管的长度，甚至使用双内管。③点火能（引爆源）的强化。电起爆用高压起爆装置或小型半导体起爆装置，当强大的电流脉冲作用于桥丝时，桥丝熔化汽化，形成高温高压等离子体和冲击波，直接引起猛炸药爆轰。

无起爆药雷管只是改进雷管装药，不改变雷管的类别、性能和使用。因此，无起爆药雷管亦可制成现有雷管的所有品种，如火雷管、电雷管（瞬发、秒延期和毫秒延期电雷管）、电磁感应雷管、导爆管雷管等。无起爆药雷管的各类雷管的性能指标要符合该类雷管的标准，使用范围方法按该类雷管的规定执行。

（徐中禧）

wuyanshui dongjie

无盐水冻结 （non-salt water freeze） 不采用盐水作冷媒，而将制冷剂（液氨）送入冻结器汽化吸热冻结围岩的冻结法凿井特殊工艺方式。此时冷冻站只有氨循环和冷却水二个系统，液氨汽化吸热后，再由压缩机吸入压缩经冷却水系统的冷凝器冷凝成液氨，又送至冻结器汽化，如此往复循环，形成冻结壁。

该法在制冷系统中取消了中间介质冷媒剂（盐水）的循环系统，节省了设备和电能，降低冻结费用，且冻结温度低、冻结速度快、冻土强度高。为使液氨在每个冻结器内均匀汽化，防止液氨淹没冻结器，应采用特殊结构的冻结器并设置向冻结器自动供氨的设备。

该工艺1894年在荷兰、1938年在意大利做过试验，1950年苏联全苏矿井建设施工组织与机械化科学研究院进行了室内试验和半工业性试验。1958年中国在开滦矿进行半工业性试验，1960年在淮南孔集矿副井首次进行工业性试验获得成功，该井井筒净径6.5m、冻结深度25.5m、冲积层厚度20.9m。

（张 文）

X

xiashan shigong

下山施工 (dip construction) 沿倾斜向下巷道的掘进和支护作业。

下山施工中，装岩是难度大、消耗时间最长的作业，应采用机械装岩并选用能力较大的提升机。当下山倾角小于30°时，可采用矿车提升，提升时其上口及掘进工作面附近必须设有可靠的挡车器，防止跑车，保证施工安全。在长距离、起伏大的下山施工中需采取多段接力提升方式。在小于25°倾角的下山中也可用链板输送机运输。

下山掘进工作面有积水时，视水源不同，采用不同的防水措施。下山上部的含水层涌水，可截引至腰泵房水仓内或注浆封堵；若上部平巷水沟漏水，则采用水泥砂浆、混凝土等材料封闭水沟；掘进工作面的积水直接用水泵排除，当涌水量在5～6m³/h左右时，可用潜水泵将积水排入矿车等提升容器内，随矸石一同排出。

下山多采用锚杆喷射混凝土支护，当采用金属或木棚支护时，和上山一样支架要有迎山角。

（程隆教 张和林）

xiaohua ganyoulei zhayao

硝化甘油类炸药 (nitroglycerine explosive)

硝化甘油被可燃剂和(或)氧化剂等吸收后组成的混合炸药。按硝化甘油含量分为爆胶、胶质炸药、半胶质炸药和粉状硝化甘油炸药。除了爆胶，其它三种硝化甘油炸药都含有硝酸铵或硝酸钠和可燃剂。硝化甘油炸药爆轰感度高，对冲击、摩擦和热能都很敏感，而且毒性大、成本高。中国煤矿已经很少应用。

爆胶 将6%～8%的可溶硝化棉加到92%～94%的硝化甘油中，溶胀后制成的一种胶状炸药。爆胶威力大，通常只作衡量炸药强度的基准炸药使用。

胶质炸药 以硝酸盐和胶化的硝化甘油或胶化的爆炸油（硝化甘油和硝化乙二醇或硝化二乙二醇的混合物）为主要组分的胶状硝化甘油类炸药。硝化甘油含量占30%以上。这种炸药威力大、抗水性能好、成本高，主要用于地震探矿、水下爆破和深井爆破作业。

半胶质炸药 胶化的硝化甘油含量比胶质炸药低，以硝酸铵和木粉作为主要成分并含有硝化乙二醇组成的炸药。作功能力、抗水性能比胶质炸药低，比粉状硝化甘油炸药高。主要用于潮湿环境及无瓦斯、煤尘爆炸危险的矿井。含有消焰剂或离子交换盐(硝酸钠或硝酸钾、氯化铵)的经瓦斯、煤尘试验合格并经批准可作为煤矿许用炸药，允许在相应等级的瓦斯矿井中应用。有岩石炸药、被筒炸药、当量炸药和离子交换炸药。

粉状硝化甘油炸药 以硝酸铵和木粉为主要成分用硝化甘油敏化的粉状混合炸药。硝化甘油含量在10%以下。炸药作功能力和抗水性能都比半胶质炸药低，适用于中硬以下岩石爆破。含有消焰剂或离子交换盐的，经瓦斯、煤尘试验合格并经批准可作为煤矿许用炸药，允许在相应等级的瓦斯矿井中应用。有岩石炸药、被筒炸药、当量炸药和离子交换炸药等。

参考书目

煤矿火工技术编写组，《矿用炸药》，煤炭工业出版社，1978。

Urbanski, Chemistry and technology of explosives, 4 Pergamon Press, New York, first edition 1984.

（梁煜祥）

xiejing

斜井 (inclined shaft) 服务于地下开采，在地层中开凿的直通地面的倾斜通道。

分类 按提升方式可分为串车斜井、箕斗斜井、带式输送机斜井、无极绳斜井。按用途可分为主斜井、副斜井、混合斜井、进风或回风斜井，以及排矸、充填等专用斜井。

串车斜井 串车提升的斜井，倾角常在22°左右，最低不小于6°，为避免矿车撒煤（料），倾角最大不超过25°。串车提升适用于中小型矿井，特别是采用片盘开拓的斜井，一般以一对斜井进入煤层，一个斜井采用单钩串车提升，另一斜井为回风兼作人行道。根据斜井



倾角、矿井生产能力或辅助运输量，确定采用单钩或双钩串车提升。单钩提升时铺设单道；双钩提升时可布置双道，或布置单道，但需在井筒中部设双道错车。

串车斜井可作为主斜井，也可作箕斗斜井或带式输送机斜井的副斜井，担负矿井的辅助运输，上下人员兼作进风井。

箕斗斜井 装备箕斗的斜井。主要用于大中型矿井提煤或矿物，少数用于提矸石。井筒倾角一般为25°～35°。箕斗斜井多数为双箕斗提升，在提升量较小时，也可采用单箕斗提升。箕斗斜井要专门设置定量装载仓、井窝及清理撒煤硐室，地面要设置卸载设备。

带式输送机斜井 铺设胶带输送机的斜井，为防止原煤在胶带上下滑，斜井倾角一般不超过17°。这种斜井适用于大中型矿井，胶带有普通胶带、强力胶带、钢丝绳胶带。普通胶带的带式输送机斜井适用于井筒较短、倾角较小的斜井，强力胶带及钢丝绳胶带适用于运距长、能力大、倾角较大的矿井，当粉煤较多、无淋水时倾角可达18°。

带式输送机斜井一般设置单道检修道，并设有单钩提升设施。斜井井下设有装载硐室，井底设有井窝及清理撒煤硐室，地面设有转载设备。

无极绳斜井 装设无极绳运输设备的斜井。为防止钢丝绳绳卡滑脱和使摘挂钩安全方便，无极绳斜井的倾角一般不超过10°。它适用于煤层倾角小，开采较浅的中小型矿井。一般多铺设双道，在运量很小时才铺设单道加错车场。

井筒断面 有拱形、圆形、梯形等。断面尺寸应符合《煤矿安全规程》和《煤炭工业设计规范》中运输、通风和管线布置的要求；应满足施工的需要；有利于设备维修、井筒清扫，并应保证人员通行的安全。斜井井筒及设备应设有防止事故的安全装置和必要的硐室。斜井的净断面，在满足设备、设施布置要求的条件下，还要满足通风的需要。

应用与发展 中国在20世纪50～60年代，用片盘斜井开拓浅部煤层较多，随着采深的加大其使用逐渐减少。80年代以后，因带式输送机技术的发展，开始采用连续性强、运量大、带有监控装置的新型带式输送机斜井，扩大了斜井的应用范围。90年代出现了20°以上的大倾角带式输送机，更拓宽了斜井的应用范围。当前斜井除应用在新建大型矿井、合并改造的老矿井外，特别适用于多井口集中出煤的矿井。如英国的赛尔比矿，五个井口，利用两条中央斜井集中出煤，生产能力达10Mt/a。斜井的长度，德国路易林塔尔矿为5654m，日本夕张新矿为3400m，中国斜井长度一般为2000m左右。

德国学者认为，尽管斜井掘进长度一般为立井的3.5～4.5倍，但立井硐室施工比斜井复杂、工程量大，斜井建井速度比立井快3倍。英国布利洛克在对候斯矿采用斜井、立井两种开拓方式比较后认为，净径8m的立井最大提升能力约4.5Mt/a，而带式输送机斜井可达12Mt/a。日本以带式输送机斜井提升与立井提升机提升相比，井巷掘进量减少22.5%。吨煤运输费减少60%。中国的实践证明：斜井开拓施工简便、建设工期短、投资省、提升能力大，特别是带式输送机斜井，连续运输扩大了斜井开拓和斜、立井综合开拓的使用范围。

参考书目

《煤矿矿井开采矿设计手册》，1984。

翁家杰，《井巷特殊施工》，煤炭工业出版社，1991。

（张之浚）

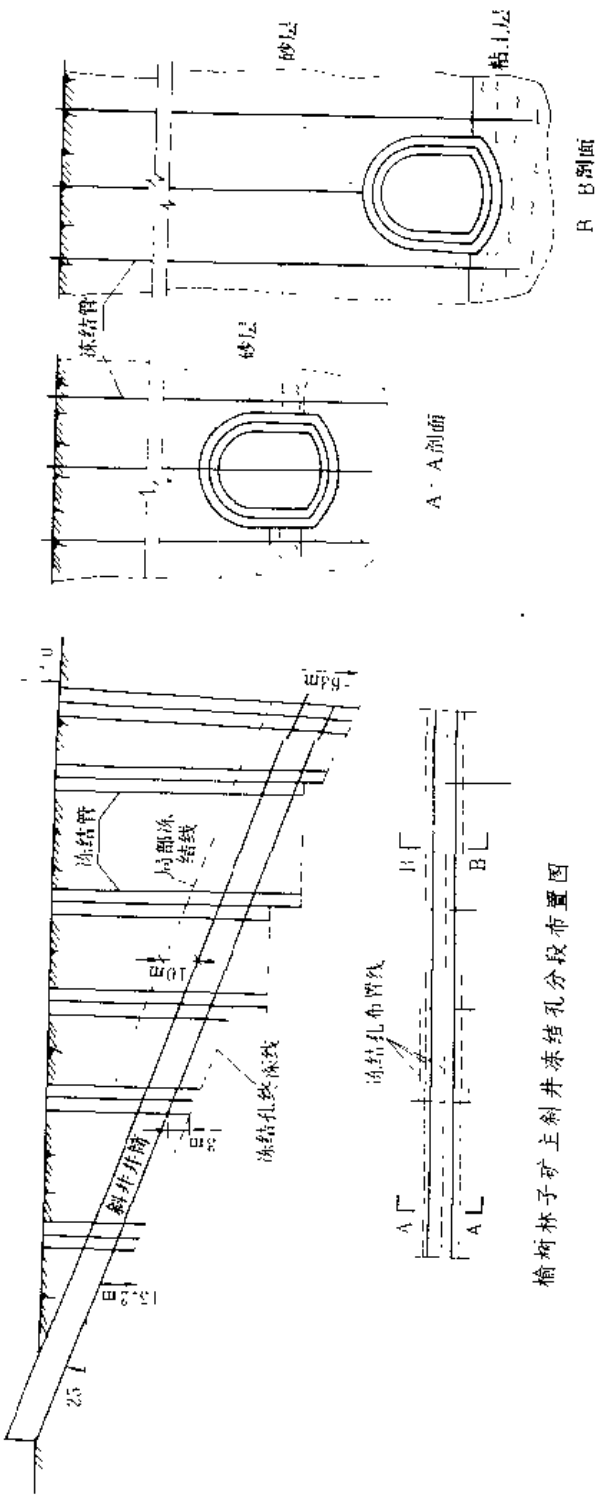
xiejing dongjie

斜井冻结 (inclined shaft freezing) 用冻结法开掘斜井井筒时，冻土墙（冻结壁）形成与维护的工艺过程。其制冷方法、冻结参数、冻结工艺等基本技术与立井冻结相同，但在地压计算、冻土墙厚度设计和冻结孔布置等方面有其独特之处。在需要冻结的松软含水土层厚度相同时，斜井井筒冻结长度（延米数）是立井的2～3.5倍，而且施工技术复杂、速度慢、费用高，故只有当含水不稳定地层较薄且距地表较近时，才选择斜井冻结的开掘方法。

地压与冻土墙厚度的确定 斜井井筒倾角小于80度时按水平巷道计算地压值。在松软含水土层中顶板压力最大，两帮次之，底板最小。顶板压力按“浅埋硐室松散岩柱理论”计算，并依此压力按简支梁计算顶部冻土墙的厚度；两帮侧压力按“平面挡土墙理论”计算，并依此压力按简支梁计算侧帮冻土墙的厚度；一般底板承受的压力较小，可参照侧帮冻土墙的厚度适当确定。

冻结孔布置 斜井设计断面一般为直墙拱顶型式，且其倾斜度变化较大，故冻结孔要根据井筒穿过的地质条件和施工技术水平采用垂直孔、斜孔、水平孔和定向孔四种布置方式。

中国已施工的六个冻结斜井均是从地面沿井筒两侧和顶部打垂直孔进行冻结。其中，冻结段最长的榆树林子斜井，倾角25°，净宽2.28m，掘进宽度3.38m，井筒冻结段斜长111.8m，冻结孔垂深15.2～63m（见下页图）。为在井筒顶、底和两侧形成冻土墙，从地面沿井筒中心方向布置三排冻结孔，排距2.74m，孔距1.5m。



榆树林子矿主斜井冻结孔分段布置图

中排孔位于井筒中心线上，当井筒底板处在砂层时，该排孔穿过井筒进入底板以下 2～3m，形成人工冻土底板（A—A 剖面）；当底板为隔水并有一定强度的粘土层时，中排孔不穿过井筒（B—B 剖面）。垂直孔冻结的主要问题是：冻结孔数多，共 211 个，总长度 8250m，无效孔长约占三分之二；冻结管材消耗多；虽采用局部冻结，但冷量损失大，为减少冷冻站装机容量，需采用分段冻结、局部冻结及冻掘平行作业等措施。

前苏联英古列茨铁矿西斜井采用斜、垂直和水平孔冻结施工法，第一段采用斜孔，斜长 36m，从地面沿井筒四周布置与井筒倾角相同的冻结孔；第二段斜长 31.2m，从地面沿井筒两侧打垂直孔冻结；第三段斜长 15.6m，工作面打水平孔冻结其不稳定的顶板，防止水砂从顶板涌入井筒。

英国赛尔比煤矿一、二号斜井，深部为含水不稳定的砂岩层，设计采用定向孔和垂直孔冻结法。冻结段斜长 107m，垂深为 112.85～181.5m，两井筒均冻井筒顶部、两帮和上、下两头。定向孔沿井筒中心线布置成一排，共 90 个孔，从地面钻到距井筒顶板若干米时，采用入工造斜，倾角 5°，相邻两孔分别向左、右侧倾斜，从井筒两边进入含水砂层底板内的隔水岩层；垂直孔布置在冻结段上下端的横截面上，每端 6 个。孔内下放 ϕ127mm 冻结管，冻结后在井筒顶部形成冻土拱、两帮和头部形成冻土墙，底板为良好的隔水岩层。

斜井可采用分段（期）冻结或全深一次冻结方案，一般多采用分段冻结方案。如前苏联英古列茨铁矿西斜井分别采用二种布孔方式，井筒冻结分三段进行，先冻斜孔段，后冻垂直孔段，最后冻水平孔段。榆树林子煤矿斜井分四段进行冻结与掘砌，第一段进行积极冻结时，第二段适当供冷，待第一段井筒开始掘、砌后即转入维护冻结，与此同时，第二段由适当供冷改为积极冻结。当第一段井筒砌完井壁后，即进行第二区段的井筒掘砌工作，并停止向第一段供冷。第二段掘砌时第二区段进入积极冻结状态，依次进行。

掘进与砌壁 在松软含水土层中，多采用双层井壁结构，提高井壁防水性能。井筒施工方法为短段掘砌，段长 2～10m。每一段掘砌（外壁）完，从下向上套内层井壁。在冻土已进入荒径以内时，可分别采用风镐和爆破方法掘进。

（王正廷）

xiejing qiaotai

斜井桥台 （transport-and-dumping bridge of inclined shaft） 斜井施工采用箕斗提升时，设于井口与天轮架之间，用以卸载的栈桥形构筑物。采用串



车提升时，设于井口与绳轮架之间用于甩车的结构物亦称桥台。箕斗通过桥台将矸石卸入矸石仓，使卸载和地面排矸不间断地进行。

斜井桥台由基础、承载柱、承重梁、卸载装置、矸石仓、桥面及轨道等构成。它主要有木结构、混合结构和装配式金属结构等三种形式。木结构桥台主要由梁、木柱构成，它适于小型箕斗提升的斜井，其矸石仓容积一般不超过 $10m^3$；混合结构桥台多由砖石承载墙，木质或金属承重梁等构筑而成，矸石仓容积可达 $20m^3$，但复用性差；装配式金属结构桥台采用金属柱、梁，螺栓连接，拆装方便，结构紧凑，承载性好，复用性强，并可装配不同容积的矸石仓。目前，中国煤矿斜井桥台矸石仓最大容积达 $40m^3$。

桥台的桥面坡度以箕斗卸载后靠其自重能自动下滑为宜，一般为 11°～18°。桥面宽度为 3～6m，其上铺设单轨或双轨。桥台的长度依卸载平台高度及井口地形确定，一般为 30m 左右。

（常乃惠　李学军）

xiejing shigong

斜井施工　(construction of inclined shaft)

采用爆破或机械破岩的方法，按照设计的断面、坡度、方位进行斜井掘进与支护的作业。斜井坡度较大，施工具有以下特点：受重力影响，施工器材、设备产生下滑力，作业时要采取预防下滑和防止跑车的安全措施；工作面易积水影响钻眼爆破作业质量，造成底板欠挖和降低爆破效率，施工时要采取综合防治水措施；装岩难度大。

矿井建设中采用斜井开拓方式的矿井占 50%以上，斜井施工期约占矿井建设总工期的 1/3 左右，加快斜井施工速度对缩短矿井建设周期、充分发挥投资效益具有十分重要的意义。

斜井施工技术的发展　斜井施工经历了手工操作到半机械化作业，个别工序机械化到多工序机械化作业线和综合机械化施工等阶段。随着施工机械的发展，施工工艺技术也由简单到复杂，落后到先进，由解决一般条件下的施工问题到能解决复杂条件下的施工问题。中国斜井施工在 20 世纪 50 年代以前基本上是手工作业。50 年代，钻眼、提升、通风、排水等作业逐步实现了机械化，但设备性能及配套水平不高，施工速度低，中国煤矿斜井施工月平均水平只有 30～40m。60 年代开始研制斜井装岩机，采用箕斗提升，提高了装岩能力，施工速度普遍提高。1966 年中国煤矿斜井施工月平均水平上升到 53m 以上。1970 年以后由于施工机械性能和配套水平的提高，逐步形成了以多台凿岩机--耙斗装岩机——箕斗为主体的斜井掘进机械化作业线，施工速度大幅度提高。1972 年 5 月湖南利民矿三号斜风井创月进 364.5m 的新纪录，超过了日本 1969 年创造的 352m 的世界先进水平。在总结推广湖南斜井施工经验的基础上，阜新、开滦、铜川等矿区进一步完善斜井施工技术，形成了以“两光、三斗、一泵”（即光面爆破、激光仪指向、耙斗装岩机、箕斗、矸石仓漏斗、潜水泵）为主体的新型斜井机械化作业线，多次创造小断面（断面 $10m^2$ 以下）斜井施工纪录，1974 年铜川下石节矿创月进 705.3m 的最好水平。由于大型煤矿的发展，斜井断面与深度相应加大。为了适应大断面深斜井快速施工的需要，中国从 20 世纪 80 年代开始研制新型斜井施工设备，进一步改进、提高了施工工艺技术，形成了以“三大、一深”（大耙斗装岩机、大箕斗、大矸石仓和中深眼光面爆破）为核心的大断面斜井机械化配套及快速施工工艺，在阳泉、大同等矿区多次创大断面、深斜井施工新水平。1991 年 5 月大同矿务局在马脊梁矿主斜井创大断面斜井月成井 376.2m 的先进水平，三个月井筒到底，平均月成井 275.2m。1995 年中国煤矿新建斜井平均月进度为 58.13m，掘进工效率为 $0.736m^3$/工。国外斜井掘进仍以钻爆法为主，施工机械化水平较高，钻眼多采用气腿式凿岩机、煤电钻或凿岩台车；装载机械化程度达到 75%以上，装岩采用耙斗、扒爪或侧卸式装岩机；提升矸石采用箕斗、仓式矿车、侧卸式矿车、带式输送机、铲运机等多种形式。日本、加拿大、前苏联等国家利用上述设备组成不同形式的机械化作业线，斜井施工速度较高，月进尺多次超过了 300m。20 世纪 60 年代，美国、日本、苏联、德国等国家先后采用岩石掘进机开凿斜井，最长的井筒达 1145m，倾角 33°，月进尺达 150m。美国 1970 年开始在煤矿、铁矿用掘进机开凿斜井，其中井筒最长达 800m，平均月进尺最高达 220m。

斜井施工方法　按井筒穿过岩层的工程和水文地质条件不同可分为普通施工法和特殊施工法；按斜井掘进时的破岩方式可分为钻爆法和掘进机法。

普通施工法是在稳定或涌水量小于 $30m^3/h$ 的地层中采用钻眼爆破或其它常规手段开凿斜井；特殊施工法是在不稳定或含水量较大的地层中采用加固围岩、超前支护、堵水、降低水位等特殊方法开凿斜井。钻爆法施工是利用钻眼装药爆破的工艺掘进斜井，是目前斜井施工的主要方法；掘进机法又称综合机械化施工法，是利用掘进机刀具破碎岩石掘进斜井，因设备费用昂贵，施工费用高，对岩性和掘进断面变化的适应性差，应用还不普遍。

斜井钻爆法施工　主要工序有钻眼爆破、装岩、提

升、地面排矸、支护等以及通风、排水、测量等辅助工序。

钻眼爆破 钻眼时要掌握好底眼的倾角，控制好井筒坡度，防止底板欠挖。1980年以前斜井掘进多为浅眼（眼深1～1.5m）爆破，循环进尺低，现已向中深孔（眼深2～3m）、深孔（眼深3m以上）爆破发展，掏槽方式也由斜眼改为直眼。为了减轻爆破对井筒围岩的破坏使断面成型规整，斜井掘进普遍采用了光面爆破、预裂爆破、定向断裂爆破等技术，收到良好的效果。

装岩 是斜井掘进难度最大、耗时最长的工序，一般占循环时间的60%～70%，斜井掘进使用的装岩机有：铲斗后卸式、铲斗侧卸式、耙斗式、扒爪式装岩机以及铲运机。铲斗后卸式装岩机生产能力小、效率低，已很少使用。铲斗侧卸式装岩机行走部多为履带式，可用于倾角14°～18°的斜井，加小绞车牵引后，倾角可提高到25°～40°，其特点是装载高度低、距离短、消耗动力小、对矸石块度的适应性强、效率高，德国、日本等国家用的比较广泛。耙斗装岩机可用于30°以下的斜井中，其特点是结构简单、操作维修方便、适应性强，在中国、德国、法国等斜井施工中普遍使用。1970年以来中国研制的耙斗装岩机在结构和性能上有了很大的改进，并形成斗容由0.3～1.2m³的系列产品，可以满足不同断面斜井掘进的需要。扒爪式装岩机多为履带式，一般用于14°～17°的斜井中，最大可达25°，其特点是装岩高度低、移动灵活、生产率高，原苏联斜井掘进中也广泛采用。此外日本、加拿大还采用铲运机装运矸石，其特点是装运作业合一，柴油机驱动，胶轮行走，机动性高，速度快，爬坡能力强，已在倾角12°的斜井施工中应用，有的铲运机爬坡的角度还超过了30°。在45°以上大倾角的斜井中，原苏联还采用过抓斗式装岩机装岩。

提升 斜井提升矸石主要有提升机和带式输送机两种方式。提升机排矸方式应用最广，提升容器有箕斗、仓式矿车、侧卸式矿车或普通矿车组成的串车；采用带式输送机提升时，一般在井口将矸石卸入矿车内转运。

地面排矸 斜井地面排矸方式取决于井筒提升容器的卸载方式，采用箕斗提升时将矸石卸入矸石仓再经自卸式汽车转运，矸石仓用以缓冲箕斗卸矸与地面排矸设备间能力的不均衡，实现连续排矸。矸石仓容积：中小型为6～10m³，大型的达到40m³以上，矸石仓有钢、木、砖石、混凝土等结构型式。采用串车提升时一般经过地面翻车机将矸石卸入翻斗式矿车后转运。

排水 斜井工作面积水是影响钻眼爆破作业质量和装岩效率，造成井筒底板欠挖的主要原因，因此要求掘进工作面排水设备移动方便，少占主要工序的作业空间，能排净积水。工作面常用的水泵有喷射泵、潜水泵、隔膜泵等。为防止装药时水泵电机漏电引爆炸药，工作面水泵应以压风为动力。排水方式，当工作面涌水小于10m³/h，可将积水排入箕斗等提升容器内随矸石排至地面，当涌水量较大时可将积水排入工作面附近的水箱或腰泵房水窝内，再通过高扬程水泵排至地面。为了减少工作面积水还要采取注浆堵水和截水等综合防治水措施。

其它辅助工序如：通风、供水、供电、供风，以及照明、通讯、信号、测量等辅助作业和平巷掘进基本相同。

支护 支护时要采取措施，防止重力引起支护材料下滑。支架要有迎山角，斜井每倾斜6°～8°有1°的迎山角，同时还要加强支架间的撑柱及拉杆，当斜井倾角大于30°时，支架应采取封闭形结构，每隔一定距离加设生根棚子以减少支架和撑柱的负荷。砌碹时要将基础做成台阶形，分段由下向上作业，当倾角大于45°时每隔一段距离要设基础拱或壁座。

根据围岩性质和施工条件斜井支护可以选用金属支架，整体混凝土或钢筋混凝土碹、锚杆支架、喷射混凝土，以及砖石、混凝土预制块碹和混合支架等，其中金属支架、锚杆支架和喷射混凝土用的较广。中国锚杆和喷射混凝土支护为斜井的主要支护形式，由于锚喷机具和作业方式的改进，以及采取地面多机、双管远距离输料，简化了井筒设备的布置，提高了支护作业效率，为锚杆安装、钻眼、装岩、喷射混凝土等平行作业提供了条件。

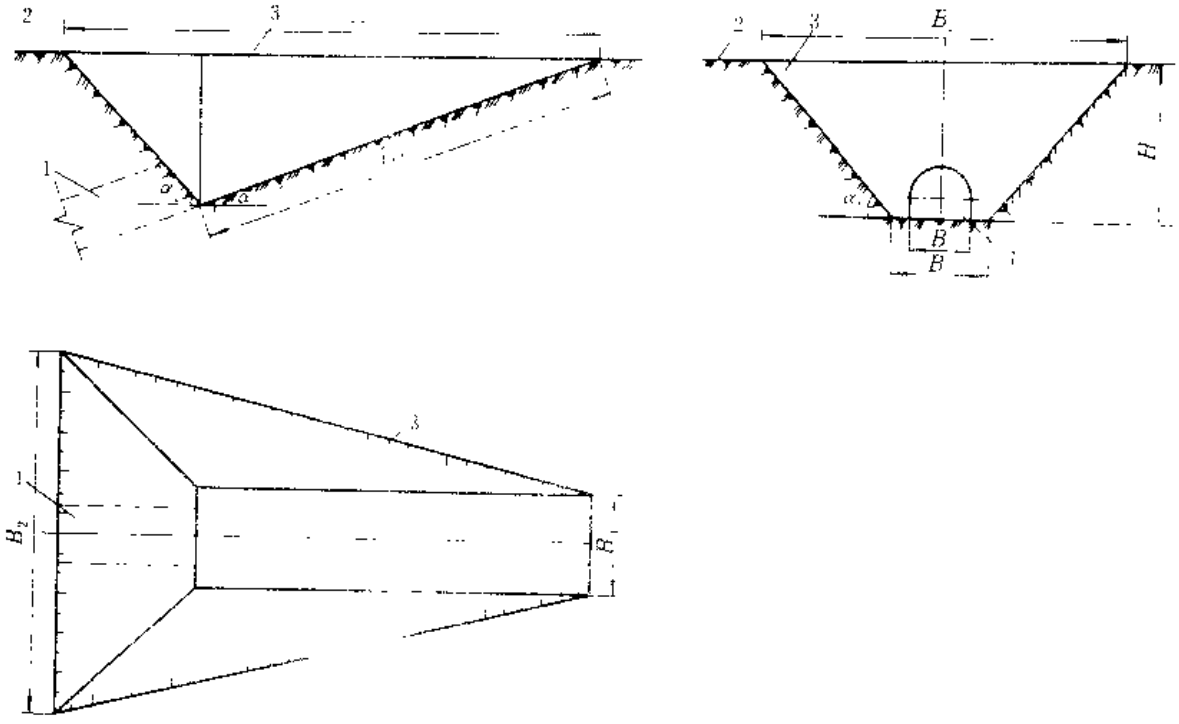
施工机械化 斜井施工要提高钻眼、装岩、提升运输与支护等主要工序的机械化水平，组成高效能的机械化作业线，并大力发展斜井岩石掘进机，实现斜井掘进综合机械化。斜井施工机械化作业线应用效果较好的有：(1)多台气腿式凿岩机——耙斗装岩机——箕斗为主的机械化作业线，其特点是设备简单可靠，造价低，操作维修容易，适应性强，效率高，但钻眼作业工人劳动强度较大，是目前中国采用的主要配套型式。(2) 多台气腿式凿岩机——铲斗侧卸式装岩机——仓式运输机与侧卸式翻斗车为主组成的机械化作业线，其特点是装岩机生产率高，自卸式翻斗车与仓式运输机配合提高了综合排矸能力，由于装岩机需要较大的卸载宽度，它适用于大断面双轨斜井。日本三菱南大夕张矿采用这种机械化作业线创造大断面（掘进断面19.02m²）最高月成井352m的好成绩。(3) 凿岩台车

铲运机--自卸式汽车为主的机械化作业线，其特点是设备能力大，内燃机驱动，胶轮行走，运行灵活，机动性和爬坡能力强，掘进机械化水平高，加拿大采用这种机械化作业线在斜井掘进中，曾创 22 天成井 311m 的好成绩。斜井掘进机械化作业线的配置应综合考虑井筒断面、坡度、水文地质和工程地质条件、作业方式、施工人员素质等因素选择设备和配套的辅助设施，只要设备能力匹配，施工工艺配套，就能够收到好的效果。采用掘进机施工斜井目前还不普遍，只在美国、日本、德国和原苏联等少数国家应用。

展望 随着斜井断面和深度不断加大，现有施工设备的能力、工艺技术已不能满足施工需要，制约了掘进速度和效率的提高，今后发展方向：(1)发展大容量、高性能施工机械，研制适合斜井使用的液压凿岩台车或钻装机，提高斜井装岩机的能力和配套提升容器的容积，开发适合深井施工需要的大容绳量、高绳速、拆装运输方便的提升机，以及通讯、排水设备等，提高斜井施工机械化作业线设备的配套水平和综合生产能力。(2) 研究大断面、深斜井施工的工艺技术，主要提高喷射混凝土远距离输料、潮喷作业的可靠性和效率，以及研究高效排水方法，综合防治水技术，长距离通风方法等。(3) 开发新型斜井掘进机，随着设备性能提高和造价的降低，它在斜井施工中占的比重将会提高。(4) 提高施工人员素质，实现施工组织管理的现代化，使设备利用率和施工效率成倍增长。

斜井井颈施工 斜井井颈的施工方法主要取决于井口附近地形和井颈围岩稳定性。当井口位于山区、丘陵地带，表土层稳定、很薄或没有表土层时，井颈施工只需清除井口处斜坡上的浮土和风化碎石，保持边坡稳定即可按设计的断面、方向、坡度，采用短段掘砌方法或一次掘至井颈设计深度后，再由下向上进行永久支护。当斜井井口附近地形平坦、表土层较厚、稳定性差、顶板不易维护时，考虑施工安全和保证工程质量，多采用明槽施工，在工作面进入稳定岩层且顶板达到一定安全厚度以后再转入表土段井筒暗槽施工。斜井井颈施工后要砌筑门脸用以挡土。门脸一般用混凝土或坚硬石材砌筑，周围修筑排水沟，防止雨季或汛期地面水涌入井筒内。

明槽施工 将井颈地表以下一定深度的表土挖出，使井口呈坑状，永久支护砌筑完成后，将土回填夯实称明槽施工或大揭盖开挖方式。明槽施工示意见图。



明槽施工示意图

1—斜井井筒；2—地表；3—明槽

L_1—明槽底斜长；L_2—明槽上口长度；B_1—明槽底宽度；B_2—明槽上口宽度；

B—斜井掘进宽度；H—明槽垂深；α_1—明槽边坡坡度；α—斜井倾角

明槽的几何尺寸是根据表土的稳定性、地下水位以及斜井的倾角、断面、施工速度等因素确定，同时还要满足施工安全和减少土方的要求。明槽尺寸确定方法：①明槽槽底的坡度 α 与斜井的倾角一致。②明槽槽底宽度 B_1 比斜井掘进宽度 B 大 0.6～1.0m，在明槽壁局部塌落时仍能保持设计宽度和便于永久支护作业。③明槽的深度 H 由表土的稳定程度决定，要使井筒掘进断面顶部至地表间的土层保持一定的安全厚度（即井筒开挖后顶板短时间内不会冒落），一般不小于2m，当表土层不稳定时其厚度要相应加大。④明槽边坡倾角 α_1 根据土壤的内摩擦角、粘着力、湿度、容重等物理力学性质及水文条件确定，其最大允许值中国按国家标准《土方和爆破工程及验收规范》有关规定执行。⑤根据 α_1、α、B、B_1 及 H 值分别计算明槽底斜长 L、上口长度 L_2、上口宽度 B_2 等。计算时还要考虑地面坡度因素。

明槽开挖，在松软的土层中可用人工挖掘，在坚硬土层或风化岩中可采用风镐或松动爆破方法。当土方量较大时可利用铲运机、推土机、单斗挖掘机等专用机械挖掘。明槽应避免在雨季破土开工，施工前要在井口四周挖排水沟，将水引至场外，当明槽内涌水超过 $3m^3/h$ 时，要设水泵排水。

明槽砌碹，当表土稳定时，明槽沿坡度向下挖 5～10m 后，自下而上砌筑永久支护。明槽段的碹要做防水处理或外侧夯填一层三合土，然后再回填土，回填土要分层夯实。当明槽底板土质较差时，应将基础槽底夯实，并根据地基承载力核算墙基的尺寸。在涌水较大的地段，井筒支护应采用整体混凝土碹，也可在混凝土中掺入防水剂。

暗槽施工 指斜井井颈表土段直接按井筒设计断面进行掘砌的作业。施工方法主要取决于井筒断面倾角和表土层的稳定程度，掘砌段距与水文地质条件和掘砌速度有关。一般表土稳定性较差又承受浅部地压时，多采用短段掘砌施工方法，常用的掘砌方法有：①表土层土质密实、坚硬、涌水量小、且井筒宽度小于 5m 时可采用全断面一次掘进施工法，临时支护多为金属拱形支架或木支架，掘砌交替进行，段距为 2～4m。这种掘进方法工序简单、成本低、施工速度较快。②表土层稳定但井筒掘进宽度大于 5m，全断面掘进顶板维护困难时，先在井筒中间掘 2m 左右深的导硐，而后向两侧逐步刷大，导硐的临时木支架沿井筒轴线方向架设，棚梁上端插入已砌好的拱顶上，下端支于紧靠工作面的立柱上，刷大时两侧同时进行，每次刷大宽度 0.6m 左右，并立即架设一根平行井筒轴向的棚梁，在刷够掘进断面后，立即进行永久支护。③当表土稳定性较差且井筒断面较大时，可采用两侧超前导硐先墙后拱施工法。导硐宽 1.5m 左右，其高度略大于墙高，用木棚作临时支护，每掘 2～4m 即砌筑碹墙，然后刷砌井筒拱顶部分，拱部金属临时支架的拱梁立于两侧砌好的碹墙上，砌拱的碹胎利用断面下部中间的土柱支撑。④当井颈下部进入风化带后，土层变薄，风化岩层加厚或工作面上部土层松软下部密实时，可采用先拱后墙施工方法即掘完上部土层后就在风化岩石或密实土层上砌筑碹拱，然后再掘下部风化岩石或土层和砌筑侧墙。

在不稳定或含水量大的土层内掘进井颈须采用特殊施工法，如板桩法、降低水位法、注浆法、沉井法和冻结法等。

参考书目

中国矿业学院等院校编，《井巷工程》，煤炭工业出版社，1984。

西安矿业学院编，《井巷工程》第五分册，煤炭工业出版社，1979。

山东矿业学院编，《井巷工程》第六分册，煤炭工业出版社，1979。

沈季良等编著，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1985。

（刘绍发）

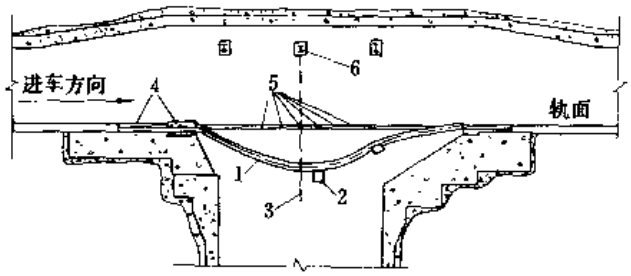
xiezaizhan dongshi

卸载站硐室 (bottom dumping car room)

用于底卸式矿车，向井底煤仓卸煤的硐室。底卸式矿车是一种适用于大中型矿井的新型矿车，它具有以下特点：①整列车通过卸载坑，使运行、卸载连续作业，卸载速度快；②卸载站装置构造简单、维修方便，不易卡堵或粘结。

硐室布置：①根据井底车场布置，重车宜直线进车，空车进入绕道，以利运行和安全；②硐室距其它井巷要有足够的安全岩柱；③有煤尘爆炸危险的矿井，硐室与巷道接茬处要平缓，避免瓦斯聚集；④井底车场主水沟不应流经卸载坑一侧，人行道侧宽度应有 0.8～1.0m；⑤硐室内装设起重梁，一般硐室用 C20 混凝土砌碹防止滴漏水，并设有洒水灭尘及消防设备。

硐室设计：①卸载站呈水平布置，但列车进站和出站皆应为 3‰ 下坡，卸载坑漏斗不小于 50°，卸载曲轨为 38 或 42kg/m 重轨；②主体硐室长度：3 吨矿车列车一般为 20m，5 吨矿车列车为 24m 左右；③起重梁底面至轨面高度，3 吨矿车列车不低于 3m，5 吨矿车列车不低于 3.5m；④平面布置与翻车机硐室基本相似。硐室立面见下页图。



3吨底卸式矿车卸载站硐室立面图
1—卸载曲轨；2—托梁；3—煤仓中心线；
4—导轨及护轨；5—托辊群；6—起重梁

（孙恩棠　兰生智）

xinaofa

新奥法　(New Austrian Tunneling Method，NATM)　奥地利隧道施工新方法。是奥地利人L. V. 拉布希维兹（L. V. Rabcewicz）教授在总结多年隧道施工经验的基础上，于1963年提出的具有全新观念的隧道设计与施工方法。其所以定名为“新奥法”是为了区别老的奥地利隧道施工法。1980年，奥地利土木工程学会地下空间分会将新奥法定义为：在岩体或土体中使地下空间周围岩体形成一个中空筒状支承环结构的设计、施工方法。定义扼要地揭示了新奥法的实质——发挥隧道围岩的承载能力，变围岩为支护结构的重要组成部分，使之与构筑的支护结构共同形成坚固的支承环。其主要特点是采用光面爆破，以锚喷作为一次支护，必要时加钢拱支架；根据实测围岩地压和变形数据，再合理进行二次支护；对软岩强调封底。为此，需通过精密量测仪器对围岩动态进行监测，以此指导地下空间支护结构设计和施工的全过程。

1934年特兰西加泥恩铁路隧道施工时，L. V. 拉布希维兹教授发现较大的山岩压力与大的围岩变形有关，混凝土衬砌总是由隧道两侧开始剪切破坏。这个结论由莫尔在页岩中进行的模型实验得到了确认。此后（1969～1975年），K. 萨特勒（K. Sttler）、L. V. 拉布希维兹和温德尔对狭长隧道衬砌模型进行的试验又进一步证实了这个结论并发展为后来的剪切破坏理论。1942～1945年洛贝尔隧道施工时，L. V. 拉布希维兹又提出了双层壳体支护观点，即隧道开挖后先修筑一层薄的混凝土衬砌，一定时间后若围岩无变形，再修筑内衬砌（第二层壳体），这就是新奥法的二次支护观点。第二次世界大战后，瑞士阿列瓦（Aliva）公司先后在瑞士马吉（Maggia）、卡普隆应用喷射混凝土代替隧道开挖后的第一层壳体混凝土衬砌，这在坚硬围岩中是可行的，而在松散岩体中的支护围岩就够了。20世纪50年代初期，在修筑福卡卡瓦发电站地下硐室中，L. V. 拉布希维兹教授在松散岩体中成功地应用了锚杆支护。1956～1958年间修建委内瑞拉的隧道工程中又采用了预应力锚杆和喷射混凝土联合支护，这就是通过锚喷支护来调动围岩自身承载能力的观点。在修建斯韦克海姆(Schwaikheim)铁路隧道时遇到了泥灰岩等松软岩层，采用及时封底的措施，并且在外层半刚性支护达到平衡状态后才砌内层衬砌，使隧道支护获得成功。在修建奥地利马森伯格(Massenberg)隧道时，L. V. 拉布希维兹采用了20cm厚的钢筋网喷射混凝土和4m长的珀福（Perfo）式锚杆作为第一层支护，待围岩稳定后砌筑30cm厚的混凝土内衬砌又获得成功。至此，便形成了设计、施工、监测三者紧密结合的新奥法基本体系。1970年以后新

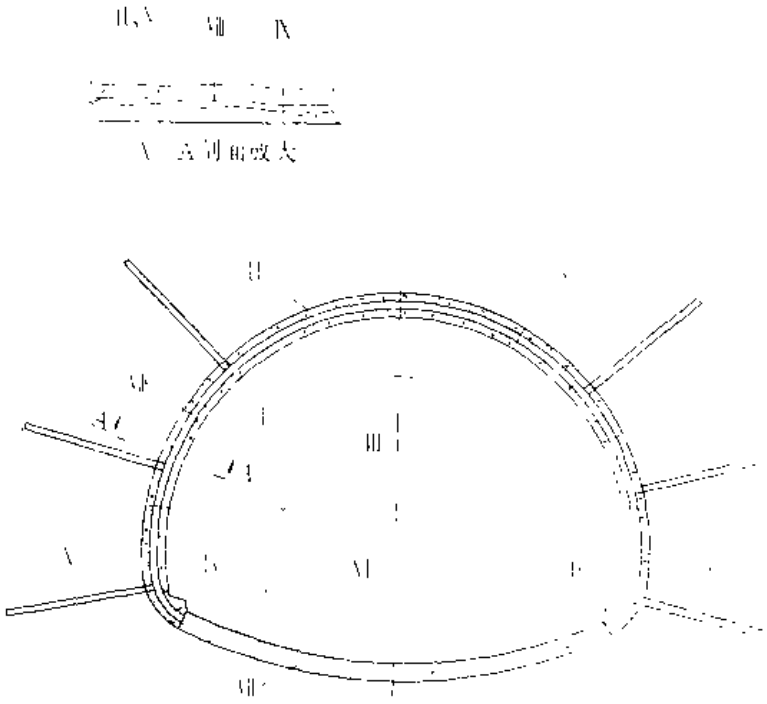


图1　新奥法施工顺序
Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅵ—挖掘隧道；Ⅱ、Ⅴ—喷射混凝土；Ⅶ—铺筑混凝土底拱；
Ⅷ—铺设聚脂膜隔层；Ⅸ—砌筑混凝土内衬砌

奥法在北欧、西欧、美国和日本等国地下工程中得到迅速的发展，被应用于公路、铁路隧道，地铁、水利和矿山井巷等工程中。

施工原则 新奥法是一个具体应用岩体动态性质的完整的工程概念，它是建立在科学的并为大量实践所证明的基础之上的。1978年L. 米勒（L. Muller）教授总结了标志新奥法特征的22条原则，其中最主要的是要从各方面保证支承环的形成并具有足够的载荷能力。

(1) 隧道、井巷等地下工程主要承压部分是围岩，初期支护和最终衬砌仅仅起封闭作用，其目的是在围岩中形成一个支承环或一个三维弧形承压层。

(2)欲使围岩成为支承环，必须尽可能保持围岩自身的支承力。应尽可能防止其发生离层而引起岩体松动和围岩大范围的变形。为此可根据裸露围岩保持稳定的时间和围岩的强度选择适当的支护方法。

(3) 为了形成最佳的支承环，必须利用室内试验、现场试验和围岩变形量测等手段，准确地确定时间对围岩（或衬砌-——围岩系统）强度的影响；通过测定岩石类型、自身支撑时间和变形速度为确定岩体或岩体支护系统的流变参数提供依据。

(4)衬砌和永久性支护层要薄，这样才能最大限度地减少弯矩和发生弯曲破坏的可能性。为了达到所需的支护强度应采用锚杆、金属网、钢筋或钢拱架等联合支护，而不是单靠增加喷层的厚度。

(5)从力学角度来看，新奥法构筑的隧道、井巷等可以认为是由围岩支撑环与衬砌构成的厚壁圆筒，只有在全圆周上没有缺口时才能起到圆筒作用。因此衬砌支护结构要封底（围岩非常坚硬时除外），形成闭合的圆筒。围岩状况主要受封底时间的影响，如果只顾掘进推迟封底时间，则上拱圈要承受不利的纵向弯矩，下拱圈的岩石要承受很高的应力。

新奥法施工顺序见上页图1。

新奥法的量测 量测监视是认识和了解围岩动态的基本途径，其目的是：监视锚固效果，围岩松弛范围等施工状态；及时采取措施控制变形；修正设计，正确而经济地施工。量测的重点是在施工阶段，一般分为必测项目（A类量测）和选测项目（B类量测）两类。

A类量测 包括洞内观察、内空变位量测、锚杆的抗拔力量测等。洞内观察的目的是重点了解掘进工作面附近围岩的岩石性质、状态。对隧道、井巷开挖及支护后围岩的动态进行目测和内空变位量测（主要是指对隧道、井巷壁面两点间水平距离的量测），目的是确定围岩是否稳定、位移的速度变化规律、第一次支护后的稳定时间及第二次支护构筑的时机。通过锚杆抗拔力的量测数据可以检查锚杆的质量，用电阻量测法时，还可得到锚杆轴向拉拔力分布状态、锚杆粘结状态以及锚杆的剪应力分布状态等资料，以判断锚杆长度是否适宜和确定围岩松动区、强度下降区以及弹性区的范围。

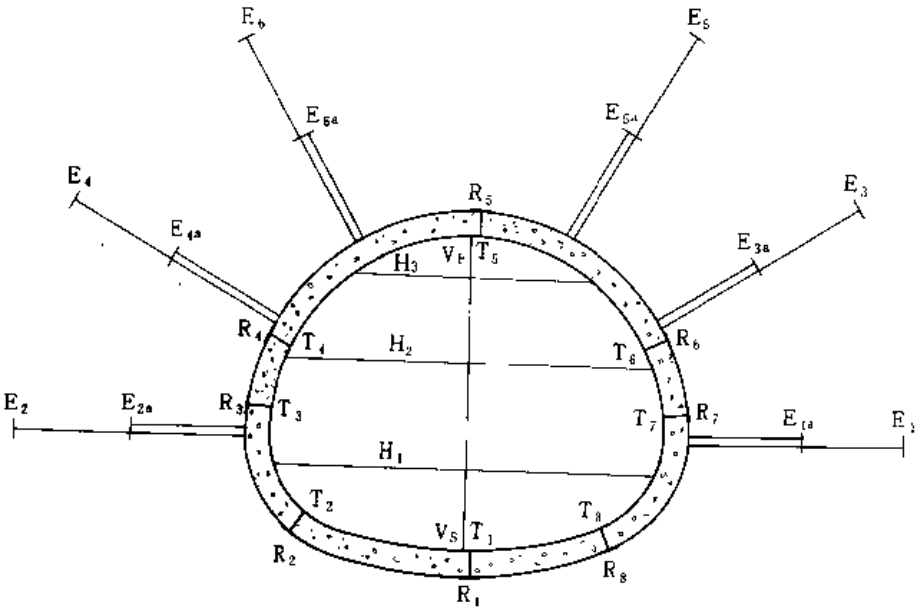
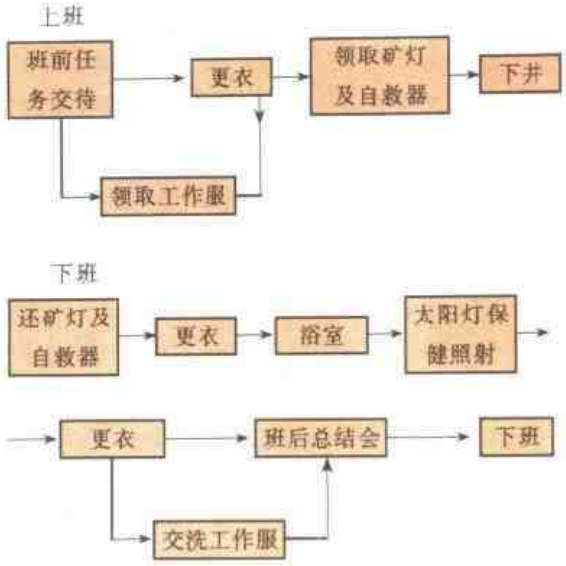


图 2 实测截面布置

R_1～R_8—径向测力计；T_1～T_8—切向测力计；H_1～H_3—两帮收敛实测线；V_F、V_S—顶板收敛实测线；E_1～E_6—长单点位移计；E_{1a}～E_{6a}—短单点位移计



井下工人上、下班活动示程图

B类量测 是对一些特殊区段进行补充量测，包括岩石采样试验、围岩内变位量测、锚杆轴向力量测、喷层应力量测、井巷稳定状态量测等。通过各类岩石取样测出容重和单轴抗压强度，作为围岩分类的补充参考数据；围岩内变位量测的目的是为了确定隧道开挖后围岩的松动区，强度下降区以及弹性区的范围，据此确定锚杆长度；锚杆轴向力量测是指全长锚固式锚杆和预应力端部锚固式锚杆的轴向力量测，前者是为了弄清锚杆的负荷状态，判断是否需要修改锚杆长度或数量以及围岩变位发展趋势等，后者是判断锚杆的负荷状态是否适宜以及检查锚杆安装后是否发生了预应力松弛；喷层应力量测的目的是为了判断喷射混凝土层中的应力状态和所承受的荷载。一般岩性较好的条件下，喷层轴向压应力值在0.5MPa以下，膨胀性大的地层中，喷层轴向压应力值可达2.0MPa。隧道、井巷在使用过程中如果处于稳定状态，二次支护不应当承受压力，因此，监测隧道、井巷稳定状态的量测就是对二次支护径向压应力和轴向压应力的量测。

新奥法典型实测截面布置见上页图2。

参考书目

王焕文、王继良著，《锚喷支护》，煤炭工业出版社，1989。

[奥地利]J·戈尔塞著，田良如译，《新奥法的理论背景与实践经验》，冶金工业出版社，1982。

（刘绍发 黄卫华）

xingzheng gonggong jianzhu

行政公共建筑 （administration and public buildings） 供煤矿行政、生产、经营、技术、安全等管理活动而设置的建筑物。它包括矿办公室、任务交待室、井口浴室、矿灯房（含自救器室）、井口急救站和食堂等。建筑物中除矿办公室以外，主要为井下、地面职工生产服务。由于受煤矿井下生产规律的制约，它们之间存在着的有机联系构成了井下工人活动的普遍流程，并影响着建筑物的布局，这种流程归纳为流程图（如右上图）。设计时应合理地组织生产人流、物流，减少单位建筑物的数量，实行功能分区，形成一组相互关联的有机建筑群体。该群体多置于矿井工业场地入口附近，通常称“场前区建筑”。

因为各矿井的地理位置、地形地貌、工程地质条件不同，群体中的建筑物可独立或联合建筑，也可合并各部分组成同体建筑。建筑群多处在可采煤层之上，应紧凑布局，提高容积率，多用联合和同体建筑，以减少压煤量和节约用地。同时它在工业场地中的位置显要，设计时对其造型予以足够的重视。

建筑面积 取决于使用该建筑人数、装备水平、矿井全员生产效率和管理模式。矿井规模相同，生产效率越高，管理越先进，建筑面积越少。确定建筑面积的方法：①按规定计算；②按原煤生产在籍人数乘人均占用面积；③按排岗定员分类核定建筑面积；④按井型规定建筑面积。

建筑内容 ①矿办公室是矿井行政管理及生产指挥中心，包括办公室、会议室、通讯调度室、计算机房和化验室，通常布置于矿井工业场地主要人流出入口附近。②任务交待室是煤矿采煤、掘进、运输、通风、维修等各生产基层组织安排生产活动的场所，按组织生产需要，将基层组织分成若干区段，每一区段按使用功能组成一个单元，将各单元有机地融合在同一建筑物内组成矿井任务交待室，每个单元含有各自的办公室、区段会议室及贮藏室等。③井口急救站又称井口保健室，是保证井上下职工在生产过程或事故中受伤时能得到及时治疗或紧急处置的医务设施，要求具有与井下联系迅速和及时转医院的各种条件。④单身宿舍远离工业场地时宜在工业场地内设职工食堂，职工食堂按功能设计并应与班中餐厨房联合建筑，设有冷藏间或冷柜、夜班工人休息室等，严寒地区应留有菜窖场地。⑤井口浴室、矿灯房见本卷有关条题。

（郝操政）

xuanpenfa zhujiang

旋喷法注浆 （high pressure jet grouting method） 又称高喷法注浆。利用浆液射流在钻孔中旋转移动破坏土体并使浆液与土屑混合形成新固结

体的注浆工艺。其工作原理是通过高压发生装置使浆液获得巨大的动能后，经过注浆管路和喷嘴形成一股能量高度集中的射流束，直接冲击、切割、破坏土体，而且喷嘴按一定的速度边旋转边提升，使浆液与土砂搅拌混合，浆液固化后形成强度和密实度高于原土体的圆柱状的固结体，这些固结体圆柱连续起来达到堵水加固的目的。

提高浆液的压力和改变喷嘴的结构和运动轨迹，即可改变固结体的形状、强度和固结范围，以适应不同工程的需要，因而旋喷法在实践中从单一的旋转喷射注浆发展成多种形式的高压喷射注浆法。高喷法注浆的分类有两种：①按注浆管的结构分为单管高喷、二重管高喷、三重管高喷法；②按喷嘴的运动轨迹分为旋喷、定喷、定摆喷法。单管、二重管喷射法主要是旋喷，定喷和定摆喷用的较少。

高喷法注浆工艺程序：先将钻孔钻进到设计深度，将带有特殊喷嘴的注浆管置于孔底；按规定的技术参数旋转喷射、定向喷射或定向摆动喷射，同时提升喷嘴，开动高压泵以及有关的机械设备，喷射注浆直到规定的高度。高喷法注浆技术参数见表。

高喷法注浆技术参数表

高喷注浆主要用水泥浆，要求使用425号或525号普通硅酸盐水泥。它主要用于：粘土、砂类土、淤泥等浅层、软弱地层地基的堵水和加固，增加地基强度，提高地基的承载力；防止地表的局部下沉；基坑封底防止底鼓及涌水冒砂；挡土围墙帷幕防渗，堤坝防漏，防止帷幕井筒塌方和滑坡等。

（赵 斌）

xuan gan lou

选矸楼 （waste separation plant） 矿井生产系统中进行煤炭筛分和选矸的构筑物。选矸楼可单独建造，亦可和其他建筑物合建。

矿井生产系统多用人工、风力等干选法选矸，主要是对粒度大的煤和矸石进行分选，粉状的煤和矸石一般由选煤厂进行分选。箕斗提升选矸楼一般与主井井口房联合建筑。给煤机将受煤仓中的煤送至筛子，筛下粒度小的煤进入筛分装车仓，筛上粒度大的矿岩进行入拣矸带式输送机，经过分选将矸石拣出，通过溜槽溜至矸石仓，拣矸后的煤送至筛分装车仓。罐笼提升的主井和矿车运输的斜井、平硐，煤出井口后先进入翻车机房，选矸楼多单独建造，也可将选矸工艺设在筛分楼中。

选矸楼一般采用钢筋混凝土框架结构，服务年限短的小型矿井也可采用砌体结构。结构设计一般按二个方向的平面框架进行计算，柱按双向偏心受压构件进行配筋计算，拣矸层楼板应考虑冲击荷载的作用，支承破碎机和筛子的梁要进行动力计算。与主井井口房联合布置时注意与井筒连接处的地基基础处理。

选矸楼上煤的转运通常依靠重力依次沿高度布置机械设备，因此，需要布置若干层楼板，选矸楼的高度有时可达40m。选矸楼一般为单跨多间或多跨多间钢筋混凝土框架，建筑物中设受煤仓（缓冲仓、筛分设备层、拣矸带式输送机层、筛下带式输送机层和其他设备层。

选矸楼的建筑要求：①从选矸胶带至墙壁的距离和通道应按《煤炭工业矿井设计规范》满足安全距离的



规定；②工人拣矸地点应有保温、采暖、防尘、防噪音等设施；③应设清洗楼板的拖把槽和地漏；④门窗孔口面积与地板面积之比宜为1/6～1/8；⑤楼板孔洞应加防护栏杆、铁篦子和活动盖板。

（范宝华）

xuanmeichang shebei anzhuang

选煤厂设备安装 （installation of coal preparation plant equipment） 选煤厂设备安装主要包括运煤设备、破碎设备、筛分设备、洗选设备、脱水设备、电气设备安装以及选煤厂联合试运转。

运煤设备、破碎设备、筛分设备安装（见矿井生产系统设备安装）、电气设备安装（见地面供配电设备安装）。

洗选设备安装 主要是跳汰机、重介分选机和浮选机安装。

跳汰机的机体大且重，一般分解为部件运到现场。安装时，首先检查基础的水平与标高，并检查跳汰机的机壳是否变形、密封垫是否完好。组装焊接要自下而上，严格控制箱体的几何尺寸，最后安装风箱、配风阀及排料装置。配风阀必须逐件清洗、调试，使之动作灵活可靠，配风阀在风箱上的位置不能任意更换，各个风阀、水阀都应装配严密，防止漏风、漏水。

重介分选机有斜轮分选机和旋流器两种。斜轮分选机设备就位后，应检查槽体的垂直度和排煤轮主轴的水平度，注意排矸轮的倾斜度及排矸轮与底部及侧面的间隙。旋流器机体固定后，再连接管路，机体与盖板，机体与管路的连接密封要良好，防止漏水。

浮选机安装时，应检查机体钢板有无变形。当几台单体浮选机组合在一起时，应注意连接部位的密封，防止漏水。槽体安装后，再安装搅拌机构和刮泡机构。搅拌器的叶轮轴要保证垂直度，刮泡器的传动轴应在同一水平上，刮板的胶皮与槽体沿口要均匀接触。最后安装液面调整机构与排矿机构及各种管路。

脱水设备安装 选煤厂脱水设备主要是离心脱水机、浓缩机、真空过滤机和压滤机。

离心脱水机有立式、卧式和沉降式三种，其安装方法一般都是整体就位，其下部的排料槽须先装上，用槽钢作底盘直接安装在建筑物的楼板上，在底盘与机座间装有隔振橡胶弹簧，以消除对楼板的振动。主机安装后再安装驱动装置与润滑装置，设备的润滑部位应解体检查，清洗注油，保证油路畅通。离心机由于机体振动，其给料与排料的溜槽与机壳应留有一定间隙。沉降式离心机的给料管路与机体则采用软性连接。

浓缩机有中心传动和周边传动两种。从中心支架开始安装，先在浓缩池中心的基础上组装支架，要保证设备中心与基础中心的一致。接着组装耙架并焊接成整体后再吊装与中心架连接。安装周边传动浓缩机时，在吊装前先在浓缩池边沿的圆周上铺设好轨道或齿条，再安装驱动装置、耙架的刮板、人行栈桥或管桥。为了保证耙架刮板与浓缩池底面的间隙一致，在刮板装上后，以刮板为基准进行池底面的抹面工作。

真空过滤机根据卸料方式不同可分为刮刀卸料和折带卸料两种。真空过滤机在现场是整体安装，机体的水平度和纵横向中心线位置偏差必须符合质量标准。机体安装后，安装辅助设备，连接各种管道，最后装设滤板和滤布。管道与设备连接时，接头应保持严密、紧固，防止漏气和漏水。

选煤厂常用的是板框式压滤机。根据给定的中心线安装机头及机尾，接着安装机体下部的料槽和接水槽。安装机体的框架时，要保证框架纵横方向的水平度，同时安装液压站、液压管路和进料管路，最后装上滤板和滤布。

选煤厂联合试运转 联合试运转的顺序是设备单机试车、设备系统试车（空载运行）、循环水系统试车、带煤带水联合试运转。要求集中操纵系统、主要自动调节系统逐项投入。按照先空载，后重载，先手动，后自动的原则进行。

单机试车前应注意检查电气设备的绝缘情况和机械设备的润滑情况，要求所有保护投入，信号联锁正常，模拟显示正常。试车中如发现有异常声响、温度过高或设备振动异常等，都应找出原因进行处理。

设备系统试车主要是检查集控系统是否正常，闭锁是否可靠。在试车前，应先做好集控系统模拟试验，再按系统逐台设备投入空载试运行，直到实现整个系统空载运行。

循环水系统试车是根据洗煤时所需要的水量进行供水，并通过各种设备、管道、阀门等控制来达到水流量的平衡。这个系统包括循环水泵及水池、跳汰机、脱水筛、浮选机、浓缩机等。试车前要将各个水池蓄满水，试车时要注意各水池的水位及各个控制阀门的开放位置，避免水的大量溢出。

带煤带水联合试运转是在上述试车后进行的，第一步先将原煤从受煤坑经过准备车间运到主厂房的接受仓，第二步开动主厂房设备进行洗煤试运转。重介质选煤试运转在洗煤试运转正常后进行。在试运转中出现问题要处理和调整。在正常连续试运转8h后，选煤厂即可正式投入生产。

（牛家瑜　王启章）

xuanmeichang shigong

选煤厂施工 (coal preparation plant construction) 按照设计要求建设选煤厂的施工技术与施工组织的泛称。选煤厂施工既有一般土木工程施工的共性，但由于选煤工艺的要求又形成自身的行业特点，如建筑物结构复杂、体积大、容量大，以及各单位工程之间多由工业管网或栈桥相连，所以必需按照一定的工艺流程组织施工。

总体布置和施工组织特点 选煤厂施工过程一般可划分为施工准备、施工高峰、混合作业及收尾三个阶段。

施工准备阶段主要包括：技术准备；设备、人员、材料等资源准备；三通一平及大临工程施工；施工测量网点的布置与复查；部分关键线路上的单位工程基础施工。此阶段一般为3～6个月。

施工高峰阶段为选煤厂施工的关键期，单位工程相继开工，要求各系统之间、各单位工程之间、上下层之间、土建与安装之间，必须有序地进行平行流水、立体交叉作业。此施工阶段一般为10～14个月，网络计划关键线路上的单位工程主体施工为主控点。一般选煤厂的主厂房主体是主关键线路上的核心工程和主控点，筒仓施工为次关键线路上的主控点。在施工过程中主要控制结构施工质量、工艺预埋几何尺寸定位，以及施工速度和高空交叉作业等带来的安全问题。

混合作业及收尾阶段以安装工作为主，土建装修、配套及收尾为辅。主要工作为土建与安装的工作面交接、生产配套和形成生产系统，相应地进行单机试运转、联合试运转、带水带煤联合试运转，工期一般在8～12个月。

选煤厂一般分为受煤系统、生产系统、产品外运及生产配套系统三个施工区段组织施工。

受煤系统施工区段的主要工程有受煤坑、储煤场、原煤仓等单位工程，施工重点为原煤仓和受煤坑。其中，原煤仓施工应与产品仓进行施工穿插和组织流水施工，以减少机具的配置，降低施工投入成本。

生产系统施工区段的主厂房工程为该区段核心工程，并因其土建工程量大、结构复杂、安装设备多、占用工期长而成为选煤厂施工项目的关键工程。

产品外运及生产配套系统施工区段的单位工程一般有产品仓、装车仓（站）、浓缩池、锅炉房、配电房等配套的工程。工作重点为产品仓和浓缩池的施工（产品仓一般与原煤仓统一组织流水施工）。对以筛选为主的选煤厂，其施工重点已经由单一的主厂房施工转向筒仓和主厂房并重的二条关键线路施工，有些特大型选煤厂，筒仓施工已转化成主关键线路工程，而主厂房降为次关键线路上的工程。

受煤坑结构施工 受煤坑结构一般由钢筋混凝土挡土围护墙壁、内框架梁柱及受煤漏斗等组成，主体结构处于地下，且埋深较大（9～13m），因此受煤坑结构施工的内容主要有人工降水、土方开挖、防水及围护墙壁、悬挂漏斗梁及漏斗、地下皮带走廊施工等。

(1)人工降水施工。由于受煤坑跨度小（一般为6～9m）、长度相对较大（包括地下走廊）等，根据施工现场及土质实际情况一般采用小井疏干法（深井井点降水）或下卧单排轻型井点降水。对于地下水位高，同时土质渗透系数小（0.1～10m/24h）可采用二级错排轻型井点降水或喷射井点降水施工。

(2)土方开挖施工。由于受煤坑的基坑为长条形，并有地下皮带走廊形成的坡道，故土方开挖多采用反铲挖掘机，二步或三步开挖到位。边坡一般采用自然放坡或作简单支护。

(3)防水及围护墙壁施工。受煤坑多采用柔性防水与混凝土自防水相结合的防水设计。防水、基础底板和围护墙壁均属常规施工，施工程序为垫层施工→砖模砌筑→柔性卷材防水施工→底板钢筋绑扎→灌筑混凝土→墙壁钢筋绑扎→墙壁模板施工→回填土→浇筑混凝土。该部分施工质量控制重点为地下走廊与受煤坑接口的防水施工、基础底板与墙壁施工的防水处理。

(4)悬挂漏斗梁及漏斗施工。由于悬挂漏斗梁截面尺寸大，并且一般与漏斗同时施工，该部位为受煤坑结构施工的难点。一般用密布钢管脚手架作竖向支承，采用定型钢模板加肋作梁底、梁侧及漏斗底模板，水平侧向支承则用钢管互顶支承。漏斗混凝土浇筑可采用半干硬混凝土（混凝土坍落度一般控制在1～3cm）推拍成型法施工。

(5)地下皮带走廊施工。常规施工或采用一次整体施工。

一次整体施工是在完成了底板混凝土施工之后，采用一次性完成内、外壁板支模及内顶板支模，一次性完成混凝土浇筑的一种施工工艺，其施工质量好，可最大限度地减少混凝土施工缝。

主厂房结构施工 主厂房是选煤厂的最主要建筑之一。由于生产工艺要求，其结构平面复杂，各层梁板布置不一，梁、柱断面尺寸大，层高大且层高不等，同一层面标高也不相同，顶层跨度大，工艺预埋、设备基础和预留孔洞多。这些特点使主要厂房结构施工占用较长的工期。

(1)基础施工。选煤厂主厂房一般采用全现浇独立基础。由于底层设备基础较多，独立基础体量较大，为

了确保施工测量质量和施工质量，土方工程宜选用大开挖施工方案。基础模板采用定型钢模板，侧向采用互顶或斜向支承、局部钢筋互拉或斜锚。

(2)框架结构施工。根据结构特点，主厂房框架一般采用定型钢模板，小区段(200m²左右)，多工序，小流水，梁、板、柱分开施工法。这种施工方法可利用基础侧向模板施工柱，利用柱模板施工梁，利用梁侧向模板施工板。采用小区段流水施工法具有以下优点：①选煤厂主厂房结构每层面积较大，每层可以划分为2～3个大区域，每个区域又可划分为3～4个小流水段，这样，就可以组织2～3个作业队，在各个区域内组织流水施工，最有效、合理地利用人力、时间、空间，从而加快了施工速度；②采用小区段流水和梁、板、柱分开施工法，一般仅配备一层模板和支撑，减少了周转材料的投入或租赁费用支出；③由于就近拆支模板，减少了模板的二次运输工作量，降低了工人的劳动强度，提高了劳动生产效率；④由于采用散装散拆定型钢模板，操作灵活，比较适用于选煤厂梁多且尺寸繁杂的特点。

(3)屋面结构施工。由于主厂房顶层结构跨度较大，其结构形式多采用钢屋架或网架结构。钢屋架结构施工一般采用现场整体拼装，塔吊和抱杆安装就位的方法。现场拼装又有厂房外拼装和主厂房内搭设高位平台进行拼装两种形式。具体施工方法要根据施工单位自身的设备及工程现场情况而定。钢屋架吊装一般采用扩大拼装吊装法(临时加固，增强屋架吊装时的平面外刚度)和综合安装法(在预吊装平台上将二榀屋架组合成一个吊装单元，使其具有一定的平面外刚度和稳定性，然后整体吊装)。当设计为钢网架结构屋盖时，由于主厂房的高度较大，网架在工厂加工，搭设高位施工平台现场分节或整体拼装，平台要求具有一定的刚度、强度和稳定性，以保证拼装的精度要求，就位则可采用分节吊装平滑法或整体吊装法。采用分节吊装平滑就位方案时，可用双机抬吊或双抱杆提升，然后在搭设的滑道上平移就位；整体吊装时用抱杆抬吊空中转动就位或千斤顶提升就位。

贮煤仓结构施工 贮煤仓按使用功能分为原煤仓和产品仓，二者结构形式基本相同。直径15～40m，高度36～60m，上、下均有设备层。按结构配筋方式有预应力筒仓和非预应力筒仓两大类。非预应力筒仓按构造要求，又可分为单壁筒仓、复合壁筒仓、抽空筒壁筒仓等多种类型。筒仓除基础(箱基、筏基、桩基)为常规施工外，其筒壁、设备层和仓顶施工方法可有多种选择。

(1)筒壁施工。由于筒仓壁厚上下一致且高度较大，所以多采用滑模施工。因施工条件和设计的不同，可选择全滑施工或漏斗平台以上滑模两种方法。全滑施工速度快，漏斗可以进行穿插施工，这对分离式漏斗筒仓尤为有利。但对于悬挂式漏斗筒仓，全滑施工方法后期困难较大，宜采用漏斗平台以上滑模施工方法，漏斗以下筒壁则根据结构设计和施工工期来选定，一般多采用倒板施工或散装散拆方法。

筒仓滑模施工相同于一般工程滑模施工工艺。但因贮煤仓一般直径较大，滑模操作平台的承重结构方案选择对技术经济性影响较大，因此，滑模施工平台应尽可能地利用设计的上部仓顶(钢)结构作为施工操作平台的承重结构，亦可采用刚性环辐射梁柔性可变径施工平台(12～15m)或幅射桁架变径平台(18～22m)。

特大直径(直径超过30m)的筒仓滑模施工平台多采用内井架滑模施工平台(见下页图1)。

当选用泵送混凝土工艺时，施工平台荷载大为减轻，内外挑平台即可满足钢筋绑扎等要求。施工操作平台结构则可进一步简化或取消内操作平台。

全现浇复合壁、填充复合壁筒仓滑模施工采用"二合一"或"三合一"同步滑升工艺，即：在原有滑模工艺的基础上增设固定板，在滑升筒壁施工的同时，同步完成筒壁填充壁和外围保护壁的施工(见321页图2)。对于抽芯滑模施工方法的工艺原理是，在常规滑模的基础上，按设计要求在筒壁内增设的一道抽孔芯模，在浇筑混凝土的过程中，在混凝土初凝后终凝前，每间隔一定的时间，在液压千斤顶的策动下，向上滑动一段芯模，不使混凝土与芯模粘结。使筒壁混凝土抽芯形成孔道。如此反复，直到完成全部滑模施工过程。

预应力筒仓与一般筒仓施工方法基本相同，仅在滑模施工浇混凝土时，埋入无粘结预应力筋，混凝土浇筑完毕并达到一定强度后进行环向后张拉施工。

(2)上部平台结构和仓顶结构施工。筒仓上部结构平台和仓顶有梁板式、框架、网架和网壳结构等几种结构设计形式。梁板式结构一般采用下降滑模施工平台进行必要的加固作为板梁施工的承重结构的方法。大跨度平台梁多采用劲性骨架进行施工。对于框架结构和板壳结构一般采用利用滑模施工平台为施工操作平台，利用劲性骨架和桁架进行施工，对于网壳结构采用在滑模施工平台上搭设满堂脚手架施工。

(3)下部结构及漏斗施工：一般采用倒板工艺施工，漏斗采用推拍成型法施工。

浓缩池、事故池、沉淀池等结构施工 由于生产工艺要求，选煤厂的工业水池直径较大(30～50m)，高度在6m左右，基础一般为环形条基，下部设有地道。各类池体施工的关键是池壁模板施工方案的选择。因

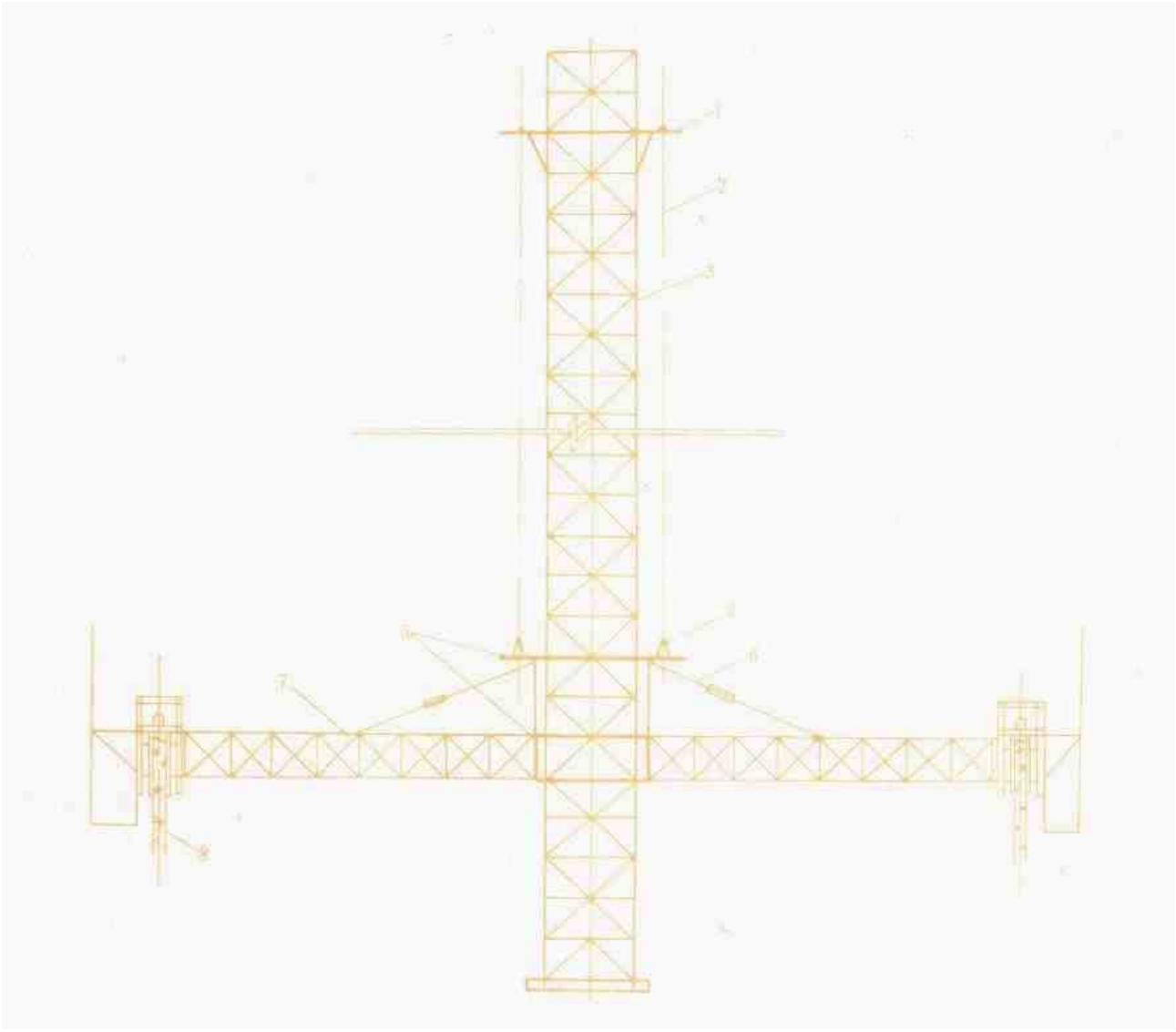


图 1 特大直径筒仓滑模施工平台示意图

1—上部刚性挑环；2—倒爬杆；3—中心方形刚性塔架；4—千斤顶；5—组合中心刚性环；6—斜吊拉杆；7—施工平台；8—筒仓混凝土壁

为水池模板工程量相对较大，相应地对施工工期和效益有较大的影响。

池壁模板一般采用组合钢模板横向放置散拼对拉支承施工、可调柔性桁架施工、组合钢模板拼装成组合大模板施工几种方法：

(1)组合钢模板横向放置散拼对拉支承施工。此法是将圆形水池变为多边形水池进行施工，具有投资较少，方法简单等优点。但只有在较大直径的工业水池中方能使多边形矢高控制在混凝土表面平整度的允许偏差范围之内。具体施工方法与一般直形混凝土墙壁相同，需要注意的是每块模板的安装必需按照计算定位方能保证施工质量。

(2)采用可调柔性桁架施工。由于选煤厂的工业水池较多(四个以上)，直径较大，采用通用的柔性桁架作为水池墙壁模板的横向支承(组合钢模板竖向排放便用)，用钢管作为立肋，双排脚手架作模板结构支承体，进行倒板施工。此法具有投资少、施工速度较快、工程质量易保证。

(3)组合钢模板装拼成组合大模板施工。是利用组合钢模板、柔性桁架、钢管架组装成弧形大模板进行机械化施工，具有投资少、施工速度快、质量好的优点。但需要机械配合施工，并且应连续施工或处理好竖向施工缝。

选煤厂施工技术的发展 选煤厂的设计规模已发

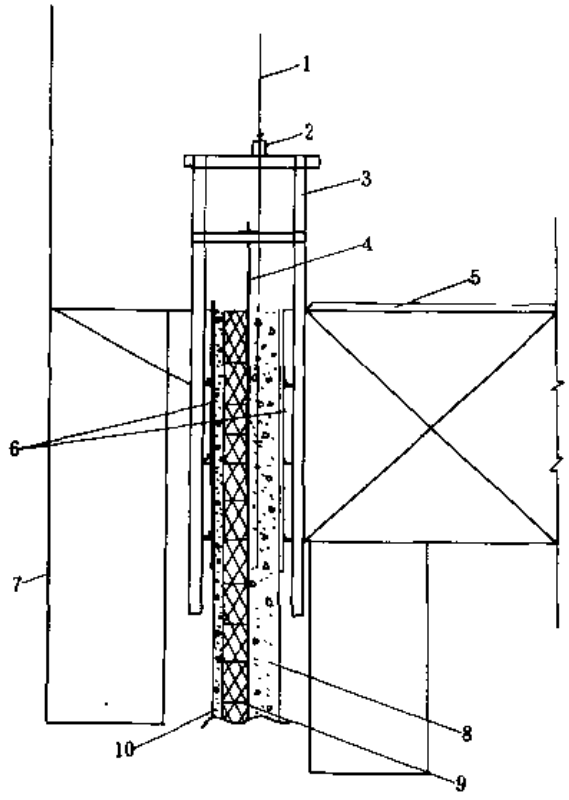


图 2　同步滑升工艺示意图

1—爬升支撑钢筋；2—千斤顶；3—井字架；4—固定板；5—辐射梁及操作平台；6—模板；7—外挑架及圆圈；8—筒壁；9—填充壁；10—保护壁

展到 600 万吨/年以至 1200 万吨/年，选煤厂的建(构)筑物的数量和工程量相应地扩大。降低成本、加快施工进度、提高施工质量是现代选煤厂施工技术的发展方向。

混凝土工程。大体积、大容量的建(构)筑物增多，混凝土用量也相应地增大。混凝土施工工艺将从几个方面进行改革：发展混凝土集中搅拌（中小型），逐步实现混凝土投料与搅拌的自动或半自动控制；改善混凝土二次投料搅拌工艺；大直径筒仓基础、筒壁及主厂房施工采用泵送混凝土工艺；加强混凝土外加剂和掺加料的研究和应用，特别是粉煤灰的应用等。以上都是有利于提高混凝土施工质量、提高工效、加快施工进度、降低工人劳动强度的有效技术改进途径。

新型脚手架及模板工程体系的开发与应用。针对选煤厂工程量大、平面布置复杂等特点，逐步采用平面布置灵活、结构简单的碗扣式脚手架，早拆模板体系等，减少周转材料的投入，以利于降低工程施工成本。滑模施工将在现有工艺的基础上进行改进，例如应用大吨位千斤顶，发展滑升、纠偏自动控制系统，以及滑模承重结构的标准化、轻型化和可调性设计。滑框倒模、爬模、提模等模板工艺，也因其良好的工艺特性而更多地应用于选煤厂高大特种结构施工之中。

钢筋工程。选煤厂工程中柱高梁大，钢筋直径一般较大，采用新型钢筋连接技术，可以较大幅度的提高工效，降低施工成本。选煤厂施工中将大量采用电渣压力焊、气压焊、水平钢筋窄间隙电弧焊，以及套筒挤压连接、锥螺纹连接、精轧螺纹钢筋套管连接等工艺。冷轧变形钢筋将在小直径钢筋中得到广泛的应用。

整体吊装施工及预应力施工技术。随着现代施工机械水平的不断提高，选煤厂的栈桥、空间网架、桁架及大型机械设备将更多地采用地面组装整体吊装施工技术。在大直径筒仓、水池，大跨度梁板结构中采用无粘结预应力混凝土工艺和中强钢丝，普通松弛钢绞线的应用也将有较大的发展前景。

（郝嘉陵　白景荣）

Y

yaqi baopo

压气爆破 (compressed-air blasting) 利用高压气体突然释放所产生的爆炸效应用以破煤方法。它用于有瓦斯、煤尘爆炸危险的采煤工作面。器具为一直径 50～60mm，长 250～1500mm 带有排气孔的钢管，内装额定压力释放圆片（称爆破筒）。使用时将爆破筒插入炮眼内，当管内气体压力达到释放片的额定压力后冲破释放圆片，气体由排放孔突然释放，产生动载作用于煤体而完成破煤。按产生高压气体的原理有压缩空气爆破筒、二氧化碳爆破筒和水蒸气爆破筒三种。

压缩空气爆破筒 利用压缩空气使筒内压力达 70MPa 左右冲破释放圆片，将高压气体突然释放。用于有瓦斯和煤尘的井下十分安全。若将塑料塞代替释放圆片，安全性更高。在美国、英国、法国、波兰和前苏联都应用过。

二氧化碳爆破筒 筒内装有液体或固体二氧化碳和烟火剂。当点燃火头时，烟火剂燃烧，放出大量热，使液体或固体二氧化碳变成高压气体（70～200MPa）冲破释放圆片而突然释放。烟火剂为能够放出大量热的氯酸盐混合物，它可以是氯酸钾、木炭和铝粉的混合物。1920 年由美国发明。

水蒸汽爆破筒 筒内装有 56%亚硝酸钠和 44%氯化铵的混合物，由电点火的火帽药剂点火后，反应生成水蒸气和氮气，并产生高压，将释放圆片冲开，使气体释放。

以上三种爆破筒可重复使用，每次只需要换释放圆片。释放压力由释放圆片的强度控制。在有瓦斯、煤尘爆炸危险的场所使用安全，但与炸药相比，成本较高，应用尚少。

参考书目

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1990。

刘清荣，《控制爆破》，华中工学院出版社，1986。

（刘清泉 陈士海）

yasuo kongqi xitong shebei anzhuang

压缩空气系统设备安装 (installation of pressed air system equipment) 主要包括空气压缩设备安装、电气及辅助设备安装、空气压缩机试运行以及压气管网敷设。

空气压缩设备安装 包括空气压缩机、电动机、滤风器等的安装。在厂房、混凝土基础竣工后，即可进行设备安装作业。有的机房设有起重梁或行车，空气压缩机可直接吊到已操平好的垫铁平面上，然后操平找正、用地脚螺栓固定。在空气压缩机固定后，要对各部位进行清洗加油紧固，测定十字头与滑道、活塞销与铜套、曲轴轴颈与瓦之间间隙以及涨圈接口间隙和活塞的内外死点余隙等，所有数据必须符合质量标准规定。吸气阀、排气阀要进行渗漏试验，必要时用凡尔砂进行研磨，确保达到质量标准要求。

空气压缩机本身的润滑机构由注油器、齿轮油泵、油管组成。清理管路后，即可焊接接头，接通油路。润滑油必须用闪点不低于 215℃的压缩机油。

电动机与空气压缩机由皮带轮传动时，要分别与机体操平找正、调整皮带的松紧度；40m³/min 以上的空气压缩机大都为直联式，仅将定子推入并测定间隙达标后，即可用定位销锁住进行固定。

滤风器（空气滤清器）起着清洁空气的作用，一般分为干式和湿式两种。应安装在机房荫凉清洁处，并使其高于房檐，吸气管应尽量短，一般不超过 12m。

电气及辅助设备安装 主要包括高压开关柜、同步电动机励磁电源柜、低压配电盘、起动设备等。待机房地坪、电缆沟等土建工程竣工后就可按照设计进行安装接线检测试验。同步电动机可控硅励磁电源柜要按照调试说明书逐项进行调试。对二次回路进行系统操作试验。

辅助设备的安装主要包括风包（储气罐）、后冷却器、冷却水系统的安装。风包安装前要进行清理，安好后要加顶棚，防日光曝晒。各种风、水管路接通后，要进行试压，防止漏风、漏水。冷却水系统主要由水泵、



冷却塔、凉水池及输水管路组成，水泵及冷却塔大都为整体装备，一次找正固定。在冷却水硬度比较大的地区应使用软化水冷却。

空气压缩机试运行　在机械、电气电缆工程全部竣工后，即可试运行，在试运行中检查各部温升情况，4h后，逐渐调整压力。为了保证安全运转，空气压缩机一级安全阀和二级安全阀整定值不得大于额定压力的115%；试运行时出水温度不得超过40℃，断水信号、超温保护及油的欠压保护必须灵敏可靠；全部试运行带负荷时间应不少于24h，每0.5h作记录一次，各部正常后，将连杆十字头的螺栓再紧固一次，复查油质情况，如无变化即可投入正式运行。

压气管网敷设　为减小压风管网的压力损失，管网敷设应满足下列要求：管道线路最短；管道直径选择合理；管道敷设平直，弯管曲率半径不得小于管道直径的4倍；干管连接尽量采用焊接法，法兰连接不得有松动漏气现象；管道中不得有积水，沿平巷敷设应有一定坡度，在最低处设油水分离器，定期排放油水；每隔150～200m设补偿伸缩管；井下管道一般悬挂固定或管墩支承并经防腐处理。

（孟庆云）

yazha baopo

压渣爆破　(buffer blasting)　在露天采场台阶坡面上留有前次爆堆（爆破后形成的岩石松散堆积体）情况下进行爆破的方法。与普通台阶爆破（清渣爆破）法相比：①能有效地控制爆堆伸出距离；②提高和改善爆破质量，使块度均匀、提高电铲工作效率；③使爆破、铲装平行作业提高生产效率。

压渣爆破适用于露天矿台阶多排孔毫秒爆破以及厚矿体地下多排孔毫秒爆破。压渣厚度一般控制在10～20m。

压渣爆破是在多排孔毫秒爆破的基础上发展起来的，提高了露天矿的开采效率，自20世纪60年代以来在国内外露天矿得到了应用和推广。中国在应用中对压渣爆破参数、合理的排数、渣堆厚度和高度以及压渣爆破机理进行了大量研究，使这项技术得到合理应用和发展。

（王树仁　刘清泉　张金泉）

yanmao

岩帽　(rock plug)　井巷工作面预注浆时，预留在含水层上(前)方能够承受最大注浆压力并能够防止向掘进工作面漏浆的结构较完整、天然赋存的岩石段。

岩帽厚度取决于岩石的性质及强度，一般为2～6m，亦可按岩石剪切强度计算：

$$B=\frac{P_0D}{4[\tau]}$$

式中B为岩帽厚度，m；P_0为最大注浆压力，MPa；D为井筒净径，m；$[\tau]$为岩石的许用抗剪强度，MPa。

岩帽较人工止水垫省工省料、简单易行，只要岩石结构比较完整、本身不富水、且其层厚达到设计要求时，应优先采用。

（杨春来）

yanshi jianguxing xishu

岩石坚固性系数　(protodyakonov coefficient)　又称普氏系数。区分岩石坚固程度所用的系数，其值等于岩石单向抗压强度（MPa）除以10。俄国普罗托季亚科诺夫（М·М·Протодьяконов）教授于1907年提出用以表示岩石坚固性的一个指标。通常称普氏系数，并以f表示。

岩石坚固性是岩石抵抗外力的性能，它反映破碎岩石或防止岩石破碎的难易程度。普氏系数f就是不同岩石间相对坚固性在数值上的表现。普氏理论认为：岩石坚固性在各方面的表现趋于一致，难破碎的岩石用各种方法都难破碎，容易的都容易。爆破时甲种岩石和乙种岩石的坚固性比值是$f_1:f_2$，那么在用其他方法破碎时（如凿岩、切割等）坚固性也将有相同的比值。

普氏系数是由各方面表现的指标的平均值来确定的。如岩石抗压强度，手工凿1cm³岩石所耗功，打眼生产率，爆破1m³岩石炸药消耗量等等。在分析了大量统计资料，并经多次修改，也由于生产条件和技术发展，由一些生产过程所确定的坚固性系数的方法已不再适用，只保留了以单轴抗压强度来确定f的方法，即

$$f=R/100$$

式中R为岩石单轴抗压强度（kg/cm²）按f值将岩石的坚固性分为10级，如下页表。

普氏岩石坚固性系数具有简单明确的形式，揭示了岩石坚固性的规律，且在量上加以确定。因而在各种矿山的实际工作中得到了普遍应用。

为了简便、迅速地测定f值，1950年苏联科学院矿业研究所提出了捣碎法，并于1975年订为测定坚固性系数的国家标准。1980年中国煤炭工业部将捣碎法订为“煤的坚固性系数测定”的部标准（MT49－80）。

捣碎法的实质是将岩石坚固性系数f与捣碎岩

普氏岩石坚固性分级表

等级	坚固程度	代表岩石	f
1	最坚固	最坚固、细致和有韧性的石英岩、玄武岩，其他特别坚固的岩石	20
2	很坚固	很坚固花岗质岩石，石英斑岩，花岗岩，矽质片岩，最坚固的砂岩和石灰岩	15
3	坚固	花岗岩和花岗质岩石，很坚固的砂岩和石页岩，石英质矿脉，坚固的砾岩，极坚固铁矿	10
3a	坚固	坚固的石页岩，不坚固的花岗岩，坚固的大理岩和白云岩、黄铁矿	8
4	较坚固	一般的砂岩，铁矿	6
4a	较坚固	矽质页岩，页岩质砂岩	5
5	中等	坚固的粘土质岩石，不坚固的砂岩和石灰岩	4
5a	中等	各种页岩（不坚固的），致密的泥灰岩	3
6	较软弱	较软弱的页岩，很软的石灰岩，白垩，盐岩，石膏，冻土，无烟煤，普通泥灰岩，破碎的砂岩，胶结砾石，石质土壤	2
6a	较软弱	碎石质土壤、破碎的页岩，坚固的煤，硬化的粘土	1.5
7	软弱	粘土（致密的），软弱的烟煤，坚固的冲积层，粘土质土壤	1.0
7a	软弱	轻砂质粘土，黄土，砾石	0.8
8	土质岩石	腐植土，泥煤，轻砂质土壤，湿砂	0.6
9	松散性岩石	砂，细砾石，采下的煤，松土	0.5
10	流砂性岩石	流砂、沼泽土壤，含水土壤及黄土	0.3

石时产生单位新表面积所耗能量建立了比例关系。其具体测定方法是：在专用的捣碎筒内放一定数量和块度的被测煤（岩）样，用 2.4kg 锤、落高 60cm 对煤（岩）样夯捣 3～5 次。然后量取 0.5mm 以下的粉末量在专用量筒内的高度，并以下式确定 f 值，

$$f=20\frac{n}{l}$$

式中 n 为夯捣次数，松软岩石次数少，坚硬岩石可增大至 15 甚至 30；l 为 0.5mm 以下粉末在量筒内的高度，mm。

该法设备简单、轻便，便于在现场测定。

参考书目

徐小荷、余静编著，《岩石破碎学》，煤炭工业出版社，1984。

（王树仁）

yanshi kebaoxing

岩石可爆性 (rock blastability) 岩石对爆破破碎的抵抗。它表示爆破破岩的难易程度。岩石可爆性取决于岩石物理力学性质、岩体结构（如层、节理等）特征，同时也受炸药性质、爆破参数和爆破工艺的影响。

岩石可爆性是选取某些反映爆破难易程度的指标来表示，并以此对岩石进行可爆性分级。分级和指标用作选用炸药、确定爆破参数、编制爆破工作定额以及预测爆破效果的依据。分级方法有以实际生产指标、岩石的力学性质指标和以标准条件下爆破试验的某一指标。

以实际生产指标进行可爆性分级 代表性的分级法是苏联苏哈诺夫（А. Ф. Суханов）博士在现场试验的基础上于1940年提出的岩石分级法。可爆性简表

表1 苏氏岩石分级表（可爆性简表）

岩石可爆性等级	可爆性程度	代表性岩石	可爆性分级指标	
			爆破 $1m^3$ 岩石所需2号硝铵炸药(kg)	爆破 $1m^3$ 岩石所需炮眼长度(m)
1	最难	致密微晶的石英岩	8.3	8.0
2		极致密而无硫化物的石英	6.7	7.8
3		极致密而坚韧的石英岩，含铁角岩，玄武岩	5.3	6.7
4	很难	极致密安山岩和辉绿岩	4.2	5.7
5		石英斑岩	3.8	5.0
6		极致密矿质砂岩，坚韧磁铁赤铁矿	3.0	4.5
7	难	致密花岗岩和大理岩，致密有裂纹石英岩，极致密矽化片岩	2.4	3.9
8		致密砂岩和石英岩	2.0	3.5
9	中上	砂岩	1.5	3.2
10		矽质页岩，致密泥页岩，裂隙性赤铁矿和石英岩	1.25	2.9

续表

岩石可爆性等级	可爆性程度	代表性岩石	可爆性分级指标	
			爆破 1m³ 岩石所需 2 号硝铵炸药(kg)	爆破 1m³ 岩石所需炮眼长度(m)
11	中等	石灰岩，坚韧而致密的冻结粘土	1.0	2.5
12		页岩，风化而裂隙多的矿化石英岩，泥质页岩，盐岩	0.8	2.2
13	中下	软弱页岩，砂质粘土	0.6	2.0
14		无烟煤	0.5	1.8
15	容易	致密粘土，烟煤	0.4	1.6
16		浮石，凝灰岩	0.3	1.4

（见上页表 1）。它以爆破单位岩石体积所需炸药量或所需炮眼长度为分级指标。这些指标不仅决定于岩石性质，还取决于炸药性质、爆破方法、爆破参数等因素。指标是在下列条件下取得的：①爆破是在断面为 4～6m² 的水平巷道工作面进行；②采用作功能力为 280cm³ 的硝酸铵类炸药；③炮眼深度 1m，炮眼利用率不低于 0.8；④采用直径 30～32mm 药卷连续装药，炮泥填塞为眼深的 $\frac{1}{3}$ 以上；⑤炮眼排列合理并考虑层面和裂缝；⑥掏槽眼同时起爆。当直接采用该分级指标确定单位炸药消耗量时，应与标准条件相一致，否则应对指标给予修正。由于目前装备和技术条件已与当时的标准条件有很大不同，其分级指标已失去直接采用价值，但分级原理是可取的，中国一些矿山仍按该原理并针对矿山生产所遇到的岩石进行可爆性评价和分级，作为该矿山爆破设计和确定定额的依据。

以岩石的力学性质指标进行可爆性分级 主要有以岩石坚固性系数和岩石波阻抗为指标的两种分级法。岩石坚固性系数分级法是原苏联普罗托季亚科诺夫（M. M. ротодьяконов）教授于 1907 年提出的以岩石坚固性系数（普氏系数）为岩石的分级指标，认为岩石的坚固性和岩石的可爆性具有一致性；岩石波阻抗为指标的分级法的原理是根据波阻抗是岩石弹性纵波速度（c）与岩石密度（ρ）的乘积（即 ρc），波阻抗大，表明岩石坚固、裂缝少、完整性好、纵波速度高，故难于爆破破碎，反之，则易于爆破破碎。以波阻抗和坚固性系数为指标对岩石可爆性分级（见表 2）。

以标准条件爆破试验的某一指标进行可爆性分级

表 2 按岩石波阻抗和坚固性系数为指标的可爆性分级表

裂缝等级	裂缝程度	天然裂缝平均间距(m)	岩体成块性程度	每立方米岩体天然裂缝面积(m²)	岩石普氏系数 f	密度(t/m³)	波阻抗(g·cm/cm³·s)	爆破炸药单耗(kg/m³)	可爆性分级
Ⅰ	极度裂缝（破碎岩石）	<0.1	碎块	33	<8	<2.5	<5	<0.35	容易
Ⅱ	强裂缝	0.1～0.5	中块	33～9	8～12	2.5～2.6	5～8	0.35～0.45	中等
Ⅲ	中等裂缝	0.5～1.0	大块	9～6	12～16	2.6～2.7	8～12	0.45～0.65	难
Ⅳ	轻微裂缝	1.0～1.5	很大块	6～2	16～18	2.7～3.0	12～15	0.65～0.90	很难
Ⅴ	微少裂缝（整体岩石）	>1.5	特大块（整体）	2	>18	>3.0	>15	>0.9	最难

这类分级方法均以爆破破碎的能量消耗为判据。

①以形变能系数为指标的岩石可爆性分级。该法认为炸药爆炸的能量导致岩石变形和破坏，不同岩石变形和破坏时吸收的能量不同。当某一装药量 Q 埋置一定深度爆破时刚好形成松动漏斗，此埋置深度为临界深度 dc。炸药能量主要消耗于岩石破碎而无抛掷。按临界埋置深度与装药量的立方根的比例关系，提出形变能系数 E，即 $E=dc/Q^{1/3}$，它反映了炸药能量与破碎岩石体积之间的关系，也反映了岩石爆破破碎的难易，并以 E 对岩石作可爆性分级。

②以爆破一定块度的单位炸药消耗量为指标的岩石可爆性分级。由莫斯科矿业学院提出，方法是选取边长为 0.4～0.5m 较规则的岩块，其中心钻直径 32～40mm、深为岩块边长一半的炮眼，装入作功能力为

360～380cm³ 的炸药，按单位耗药量为 0.5～0.7kg/m³（称实际装药量 $q\psi$）装药，用砂堵炮眼。爆破后筛选出块度大于 100mm 的岩石，并算出这部分岩块重量占整个岩块重量的百分数（V_H^{100}），然后算出小于 100mm 岩块的单位耗药量（称计算单位耗药量 q_P^{-100}）作为可爆性指标，即：

$$q_P^{-100}=q\psi\frac{100}{100-V_H^{100}}$$

并以此对岩石可爆性进行分级。

③以岩石可爆性指数为指标的可爆性分级。由中国东北大学提出，方法是在比较完整的单自由面岩体上钻直径 45mm、深 1m、眼距 2m 的炮眼，每眼装 0.45kg 的 2 号岩石铵梯炸药，炮泥填塞，8 号雷管起爆。爆前测定岩体弹性波纵波速度，爆后测定爆堆岩石大块率（大于 300mm），小块率（小于 50mm），平均合格率（50～100mm，100～200mm，200～300mm 块度累积平均值）和漏斗体积。根据漏斗体积，破碎块度，岩石波阻抗确定一个综合性评价指标——岩石爆破性指数 N，作为可爆性分级指标，其计算式为

$$N=\ln\frac{e^{67.22}\cdot K_{大}^{7.42}\cdot 1.01\ (\rho c)^{2.03}}{e^{38.44V}\cdot K_{小}^{4.75}\cdot K_{平}^{1.89}}$$

式中 e 为自然对数底；V 为爆破漏斗体积 m³；$K_{大}$ 为大块率，%；$K_{小}$ 为小块率，%；$K_{平}$ 为平均合格率，%；ρc 为岩石波阻抗（$\rho c\times10^5$，g/cm²·s），此类分级法的分级指标见表 3。

以能量消耗为判据的这类可爆性指标都是按标准

表 3　按以岩石可爆性指数为指标的岩石可爆性分级

可爆性等级		可爆性指数，N	可爆性程度	代表性岩石
Ⅰ	Ⅰ1	≤29	极易	干板岩，破碎性砂岩，泥质页岩
	Ⅰ2	29.001～38.000		破碎性白云岩
Ⅱ	Ⅱ1	38.001～46.000	容易	角砾岩，绿泥岩
	Ⅱ2	46.001～53.000		米黄色白云岩
Ⅲ	Ⅲ1	53.001～60.000	中　等	阳起石石英岩，煌斑岩，大理岩
	Ⅲ2	60.001～68.000		灰白色白云岩
Ⅳ	Ⅳ1	68.001～74.000	难	磁铁石英石
	Ⅳ2	74.001～81.000		角闪斜长片麻岩
Ⅴ	Ⅴ1	81.001～86.000	最难	矽卡岩、花岗岩
	Ⅴ2	>86		矽体浅色砂岩

条件得出，实验和测定工作量较大，目前尚未得到推广应用。

参考书目

А. Ф. Суханов：Буримость нерываемость Горных пород. Госотоптехиздат，1940。

А. Н. 哈努卡耶夫著，刘殿中译，《矿岩爆破物理过程》，冶金工业出版社，1980。

Б. Н. 库特乌佐夫等著，刘清泉等译，《爆破工程师手册》，煤炭工业出版社，1992。

（王树仁）

yanshi kezuanxing

岩石可钻性　(rock drillability)　岩石对钻眼（凿岩）破碎的抵抗。它表示岩石被破岩工具钻碎的难易程度。它决定于岩石的物理力学性质和结构特征，同时也取决于钻眼破岩的方式、钻具和钻眼工艺。通常以纯钻眼速度、钻凿单位眼长的钻具磨损量和破碎单位岩体所耗能量等指标来衡量，并以这些指标对岩石进行可钻性分级。分级和指标可作为选择钻眼方式、钻眼机具、确定生产定额、材料消耗和编制生产计划的依据。

岩石可钻性有以实际钻进效果为指标、以模拟钻进为指标、以岩石侵入硬度为指标的三种分级方法。

以生产实际钻进效果为指标的可钻性分级　代表性的分级法是苏联苏哈诺夫（А. Ф. Суханов）博士于 1940 年提出的分级法，该法是用标准条件下测得的各种岩石的钻眼速度和钻头磨损量作为分级指标（见下页表 1）。当时规定的标准条件为：采用 HP－2 型气动凿岩机；直径 42mm、刃角 110°、镶硬合金一字型钎头；压气压力 0.45MPa；钻眼深度 1m。后由于钻眼机具和工艺已有很大改变，表中的指标已失去直接利用的价值，但这一分级法和原则是可取的，中国一些矿山运用实际采用的钻眼机具和压风动力等对岩层钻进所取得的钻速和钻头磨损值进行分级，为确定生产定额、材料

表 1　苏氏岩石分级表(可钻性简表)

岩石可钻性等级	可钻性程度	代表性岩石	可钻性分级指标	
			纯钻速 (mm/min)	钻 1m 地眼消耗钎子数(根)
1	最难	致密微晶的石英岩	2.80	1.00
2		被致密的无硫化物的石英	3.10	0.75
3		致密石英岩、玄武岩	3.70	0.50
4	很难	被致密的安山岩、辉绿岩、被致密的坚韧石英岩、含铁角岩	4.05	0.35
5		石英斑岩	7.50	0.24
6		被致密的长砂岩、砂质页岩、致密而坚硬含吃石英岩	8.00	0.15
7	难	致密花岗岩、坚韧的赤铁矿	11.70	0.10
8		致密的石灰石灰岩、大理岩、裂隙性赤铁矿	13.50	0.07
9	中上	砂岩、风化矿化石英岩	17.00	0.05
10		砂质页岩	21.50	0.01
11	中等	石灰岩、风化而裂隙多的石英砂岩	27.00	0.03
12		页岩、致密长石岩	30.00	0.03
13	中下	较软页岩、湿页岩、盐岩	35.00	0.02
14		无裂隙、致密的冰碛粘土、灰质页岩	40.00	0.02
15	容易	致密粘土、油煤、砂质粘土、石膏	45.00	0.01
16		泥灰岩、凝灰岩、风化褐煤	50.00	0.01

消耗和编制生产计划提供依据。

以模拟钻进为指标的可钻性分级　以缩小比例的微型模拟钻头，在固定的、统一的条件下进行钻眼试验，并用纯钻速、钻头磨损或钻进单位岩体所需能量为指标来表示岩石的可钻性。

中国东北大学设计了一种岩石凿测器，以 4kg 重锤、落高 1m 所产生的冲击功冲击岩石试件上的一字型钎头，钎头直径 40mm，刃角 110°，镶 K013 型YG—11C 硬合金片。每冲击一次钎头转 15°角，每测定一种岩石试样冲击 480 次，以破碎的岩石体积除总的冲击功得单位比功耗，同时量测钎刃两侧向内 4mm 处的磨钝宽度，以比功耗和磨钝宽度表示该岩石的可钻性并用以分级和分类(见表 2、表 3)。该法适用于冲击式钻眼时对岩石可钻性分级。

表 2　按比功耗为指标的岩石可钻性分级表

级别	比功耗 (J/cm^3)	坚硬程度	代表性岩石
1	≤190	极软	页岩，煤，凝灰岩
2	200～290	软	石灰岩，砂页岩，白云岩，橄榄岩，绿泥角闪岩
3	300～390	较软	花岗岩，石灰岩，橄榄片岩，角闪岩
4	400～490	中硬	花岗岩，硅质灰岩，大理岩，辉长岩，黄铁矿
5	500～590	较硬	赤铁矿，磁铁石英岩，中细粒花岗岩
6	600～690	硬	磁铁石英岩，富赤铁矿
7	≥700	极硬	富赤铁矿

表 3　按岩石磨蚀性的可钻性分类表

类别	钎刃磨钝宽 (mm)	磨蚀性	代表性岩石
1	≤0.2	弱	页岩，煤，凝灰岩，石英岩，大理岩，角闪岩，白云岩
2	0.3～0.6	中	花岗岩，闪长岩，砂岩，砂页岩，砂质页岩，片麻岩
3	≥0.7	强	黄铁矿，石灰岩，石英砂岩，硬质片麻岩

中国石油系统根据石油钻井的破岩方式，在标准条件下采用微型牙轮钻头在专门的测定仪上对岩石试样进行钻进。取钻进 2.4mm 的平均微钻时间 $\bar{t}$ 为指标表示岩石的可钻性。标准条件为：钻压 890±10N；转速 55±1r/min；造孔直径 31.75mm。先在岩样上预钻 0.4mm，然后再钻进 2.4mm，记录钻进时间，每种岩样钻进试验不少于 3 次，取钻进 2.4mm 的平均时间，依

此法将岩石分为三类10级，见表4。此法适用于使用牙轮钻头的石油钻井和矿山钻孔时的岩石可钻性分级。

以岩石侵入硬度为指标的可钻性分级 苏联史莱涅尔(Л. А. Шрейнер)提出，采用1～5mm²的圆柱形或截锥形平底压头压入岩石，以发生第一次局部破碎时(对脆性岩石)或产生屈服时(对塑性岩石)的压头端面的压强作为硬度指标。岩石硬度大，钻头难以侵入。以硬度作为岩石可钻性分级指标，将岩石分为12级，见表5。这一分级方法在石油系统较为广泛应用。

表4 按平均钻进时间为指标的岩石可钻性分级表

指标 \ 类别	软			中			硬			
级别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ
平均钻时 $\bar{t}$(s)	$<2^2$	$2^2\sim2^3$	$2^3\sim2^4$	$2^4\sim2^5$	$2^5\sim2^6$	$2^6\sim2^7$	$2^7\sim2^8$	$2^8\sim2^9$	$2^9\sim2^{10}$	$\geqslant2^{10}$
$K_d=\log_2\bar{t}$	<2	<3	<4	<5	<6	<7	<8	<9	<10	≥10
K_d 取整	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

表5 按侵入硬度为指标的岩石可钻性分级表

级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
硬度(MPa)	≤1	1～2.5	2.5～5	5～10	10～15	15～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	>70
代表性岩石	粘土	粘土页岩、粘土胶结砂岩	粘土胶结砂岩	大理岩、粘土或炭酸盐胶结砂岩	大理岩、石灰岩、砂岩	石灰岩、白云岩、炭酸盐胶结砂岩	花岗岩、白云岩、砂岩	花岗岩、再生胶结砂岩	花岗砂卡岩、矽化灰岩	石英岩、矽化灰岩	石英岩、矽化灰岩	石英岩

参考书目

А. Ф. суханов: Буримостиц взрываемость Горных иород. Тосстолтхиздат, 1940.

徐小荷、余静编著，《岩石破碎学》，煤炭工业出版社，1984.

A. A. 史莱涅尔著，朱德懿等译，《岩石力学的物理基础》，中国工业出版社，1957。

(王树仁)

yanshi pinghang juejin

岩石平巷掘进 (rock drift driving) 进行岩石平巷开挖和临时支护的作业，根据破碎岩石方式不同，一般有钻眼爆破法和掘进机法两种。

钻眼爆破法 主要工序有钻眼、爆破、装岩、运输和临时支护等，作业时各工序循环进行。由于岩石较硬，钻眼、爆破和装岩工作较为困难和繁重，而且大多岩巷为长距离独头掘进，须加强通风和综合防尘。钻眼机机具普遍采用气腿式凿岩机，凿岩台车逐渐被推广使用，爆破广泛采用光面爆破和预裂爆破技术，爆破器材多使用硝铵岩石炸药、乳化炸药、浆状炸药和毫秒电雷管；装岩使用铲斗后卸式、铲斗侧卸式、耙斗式、蟹爪式和立爪式装岩机；运输采用矿车、电机车等；转载采用胶带转载机、仓式列车和梭式矿车等；临时支护一般采用型钢、木支架、喷射混凝土锚杆或锚喷等支护方式。

在施工组织管理方面，推行正规循环、多工序平行交叉作业、工种岗位制等。

掘进机法 掘进机实现破岩和装岩、运输、支护等工序综合机械化作业。岩巷掘进多采用全断面掘进机，它适用于岩石硬度系数 $f=8\sim12$、而且长度大的巷道的施工。

参考书目

淮南矿业学院编，《井巷工程》第二分册，煤炭工业出版社，1980。

沈季良等主编，《建井工程手册》第三卷，煤炭工业出版社，1986。

(张东文 周文斌)

yanshi zhayao

岩石炸药 (rock explosive) 用于地面和无瓦斯、煤尘爆炸危险的煤矿井下岩石爆破作业的混合

炸药。

岩石炸药按化学组成和结构状态分，有铵梯炸药、硝化甘油类炸药（胶质、半胶质、粉状炸药）、铵油炸药、铵沥蜡炸药、铵沥蜡炸药、重铵油炸药、浆状（水胶）炸药和乳化炸药等，按作功能力分有高、中、低三个档次；按使用条件分有抗水和非抗水炸药。中国铵梯类炸药有1号、2号、抗水2号、抗水3号、抗水4号五个品种。其中2号岩石炸药和抗水2号岩石炸药使用最为普遍，抗水4号岩石炸药作功能力最大。2号岩石铵梯炸药的组成为硝酸铵85%、梯恩梯11%、木粉4%。此外，含有18%～42%硝酸甲胺的T--100、T—220等水胶炸药和各种乳化炸药，应用亦较广泛。

岩石炸药不含消焰剂，爆炸指标较高。在有淋水和渗水的工作环境爆破时，需使用抗水岩石炸药。

（秦文杰）

yanqi dianleiguan

延期电雷管 （delay electric detonator） 装有延期元件或延期药，以电能激发后间隔一定时间爆炸的雷管。曾称“迟发电雷管”、“段发电雷管”。延期间隔时间以毫秒或秒计。间隔时间分为若干段，间隔时间为等间距或间距递增，由不同延期间隔时间的雷管组成延期电雷管系列。中国工业电雷管标准（GB8031－87）根据延期间隔时间和段数，将延期电雷管分为4个品种：毫秒延期电雷管、1/4秒延期电雷管、半秒延期电雷管和秒延期电雷管。段号和延期时间（名义秒量）见表。

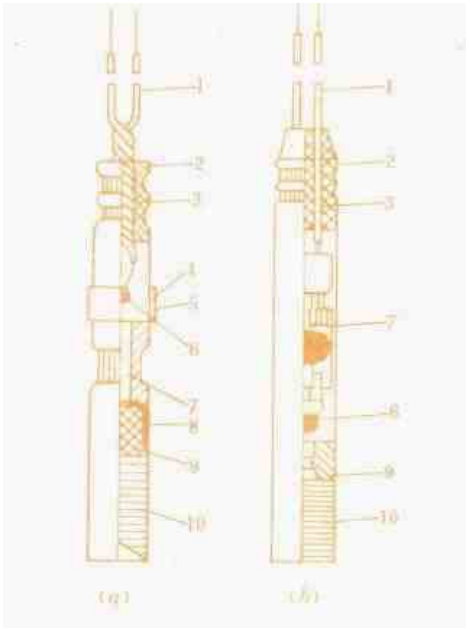
延期电雷管由引火元件、延期元件和火雷管三部分组成。引火元件和火雷管组成瞬发电雷管（也是延期电雷管的1段），延期元件是达到规定延期时间爆炸的关键部分，有延期药式和电子式两种。延期药式的延期元件置于引火元件与雷管起爆药之间，通过电流灼热桥丝引燃点火头，由它产生火焰点燃延期药，延期药燃烧一定时间后，引爆火雷管。延期药式延期电雷管使用较广泛。电子式延期元件是应用电子元件组成延期电路，连接在引火元件的脚线与点火头之间，起爆电流通过延期电路，间隔一定时间后作用于桥丝引燃点火头，由其火焰引爆雷管。延期电雷管的典型结构见下页图。

延期电雷管段号和延期时间

段号	第1毫秒系列 (ms)	第2毫秒系列 (ms)	第3毫秒系列 (ms)	第4毫秒系列 (ms)	1/4秒系列 (s)	半秒系列 (s)	第1秒系列 (s)	第2秒系列 (s)	第3秒系列 (s)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	25	25	25	25	0.25	0.5	1.2	2	1
3	50	50	50	45	0.50	1.0	2.3	4	2
4	75	75	75	65	0.75	1.5	3.5	6	3
5	110	100	100	85	1.00	2.0	4.8	8	4
6	150		128	105	1.25	2.5	6.2	10	5
7	200		157	125	1.50	3.0	7.7		
8	250		190	145		3.5			
9	310		230	165					
10	380		280	185					
⋮	⋮		⋮	⋮					
20	2000		1035	470					
⋮			⋮	⋮					
30			2800	900					
31			3050						

毫秒延期电雷管 简称毫秒雷管。段间隔时间为毫秒的延期电雷管。它分为普通毫秒延期电雷管和煤矿许用毫秒延期电雷管。在毫秒系列中，第1、3、4毫秒系列为普通毫秒延期电雷管，供无瓦斯煤尘爆炸危险的爆破工程使用。第2毫秒系列为煤矿许用毫秒延期电雷管，是煤矿井下有瓦斯煤尘爆炸危险工作面爆破的专用雷管，煤矿安全规程规定：使用煤矿许用毫秒电雷管时，最后一段的延期时间不得超过130ms。

对毫秒延期电雷管延期药的基本要求是：①燃烧速度快而均匀，调整配比和药量能在较大幅度内控制燃烧时间；②燃烧产物中极少气态生成物；③发火点较低，易为点火头火焰点燃，但对摩擦、撞击较为钝感；



延期电雷管结构图

a—延期药式延期电雷管；b—电子式延期电雷管
1—脚线；2—塑料塞；3—硫磺柱；4—排气眼；
5—气室；6—点火头；7—延期药；7′—电子式
延期元件；8—内管；9—起爆药；10—传爆药

④有良好的物理、化学安定性，它的组分之间，与雷管其它装药和管体材料不产生任何反应，保证在贮存期燃烧性能不变；⑤加工方便、原料无毒、来源丰富。延期药的基本组成为氧化剂、可燃剂两类物质，是二元或多元物质的机械混合物。氧化剂是燃烧反应的供氧物质，毫秒延期药的氧化剂为重金属的氧化物、过氧化物、铬酸盐、重铬酸盐、高锰酸盐等，应用最广的是铅丹（Pb_3O_4）、过氧化钡（BaO_2）等。可燃剂多采用某些非金属材料，如硅（或硅铁）、硼、硒等，主要是硅，为提高精度和稳定性，也有添加硒或硼。根据调整延期药燃烧速度的需要，可加入缓燃剂或燃速调整剂，或是加入一种不参加反应的惰性物质。缓燃剂有硫化锑（Sb_2S_3）。惰性物质有硅藻土等。装药工艺需要延期药造粒，需加入少量的粘合剂。粘合剂还有钝化作用，降低延期药的机械感度，改善物理化学安定性，常用虫胶、骨胶、聚乙烯醇等有机化合物，它参与燃烧反应并有气体产生，应控制加量。根据燃烧速度的要求选用不同物质组成延期药，燃速较快的低段毫秒延期药用 Pb_3O_4—Si 组成，高段延期药用 Pb_3O_4—Si—Sb_2S_3 组成。可用组成材料配比调整燃烧速度。

装药结构早期为直填式，将延期药直接压装在火雷管的上部装药上，以后延期药装在独立的延期元件内，此元件是长内管或厚壁金属管；长内管反扣，装入延期药，压成一定高度的延期药柱；厚壁金属管为压装的单芯延期药柱。中国煤矿许用毫秒电雷管一般使用延期索式（将延期药装入铅管内，反复引拨，制成与雷管壳内径相同的五芯或三芯铅延期索），铅延期索由于药芯较细，延期药量少，燃烧热量低、火焰小；被覆物铅熔点低，延期药燃烧时铅熔融，吸收延期药燃烧热，降低产物热量；融熔物可以阻止燃烧时残渣喷出，防止灼热粒子飞散。因此铅延期索比其它延期元件有较高的瓦斯安全性。为防止点火头火焰穿过延期索与管壁之间的缝隙直接点燃下部的起爆药造成速爆，延期索中部对应的管体外表面须以卡印卡紧以固定延期索。

1/4 秒延期电雷管 段间隔时间为 1/4 秒（0.25s）的延期电雷管。它的装药、结构、电参量和其它性能与毫秒雷管相同。1/4 秒延期电雷管延期间隔时间比毫秒雷管长，但与第 1 和第 3 毫秒系列比，可从毫秒系列中找到与 1/4 秒延期电雷管延期时间相近的段号，因此，1/4 秒延期电雷管可认为是毫秒雷管高段的范畴。1/4 秒延期电雷管延期药的燃速较低，在毫秒延期药的成分中增加缓燃剂硫化锑和加入少量惰性物硅藻土，适当调整铅丹和硅的比例，选择适当原料的细度，即可达到降低燃速制成 1/4 秒延期电雷管的目的。

半秒延期电雷管 段间隔时间为半秒（0.5s）的延期电雷管。它的装药、结构、电参量和其它性能与毫秒雷管相同，但延期间隔时间更长，各段延期时间除 8 段延期时间 3.5s 外，均可从第 3 毫秒系列中找到与其延期时间相近的段号。半秒延期电雷管的延期药，燃烧速度更低，当调整铅丹和硅的配比、增加硫化锑和硅藻土达不到降低燃速目的时，采用弱氧化剂如氧化铜（CuO）取代或部分取代铅丹。燃烧速度的降低使延期药点火感度降低，需在延期药上装填点火药，以保证延期药点火。此时延期时间为点火药与延期药的燃烧时间之和。半秒延期电雷管与 1/4 秒延期电雷管性能与使用条件相同。

秒延期电雷管 段间隔时间 1s 以上的延期电雷管。它以导火索为延期元件。根据延期时间的要求，调整黑火药组成中硝酸钾（KNO_3）、木炭、硫磺的比例，制成适当燃速（速燃或缓燃）的导火索，使截取长度适于秒延期电雷管的要求。导火索压入雷管装药上，插入引火元件，将管口塑料塞卡紧，即制成秒延期电雷管。以黑火药作为延期药，燃烧时产生的气体多，气体压力足以拔脱塑料塞或炸裂管壳造成雷管熄爆，因此秒延期电雷管必须在装点火头的气室部位扎（排气）眼，以排出燃烧气体。为防潮和导火索的可靠点火，须用纸条糊眼。管体的导火索部位须卡口，以防止点火头火焰穿

过造成速爆。

（徐中禧）

yanqisuo

延期索 (delay cord) 装药为延期药，起延期作用的索状起爆材料。按延期索的包覆材质，有金属延期索和非金属延期索两大类。金属延期索如铅、锡、锑延期索等。非金属延期索有塑料包覆延期索，纸、棉、麻纤维包覆延期索等。包覆层材料、药芯、药量和外径等可根据使用环境和要求而定。典型的金属管延期索的包覆层为铅锑合金，外径 1.8～2.4mm，药芯为钨粉、铬酸铅、高氯酸钾、硅藻土等混合而成的微气体延期药。它可用引火药头、火帽或其它火焰引燃。输出火焰可直接点燃二硝基重氮酚、斯蒂芬酸铅、黑火药等。特点是柔性好，可弯成一定形状；耐温范围宽；防潮性好；可靠性高；延期误差较小。在人造卫星、航天器及引信中用作延期传火元件。

（崔应娟）

yaobengfang

腰泵房 (stage pump room) 又称转水泵房、中间转水站。凿井时在井身侧帮开凿的用作中间转水站的硐室。腰泵房通常用于井筒较深（超过吊泵扬程）的条件下，设在井筒中部较坚硬的岩层内。腰泵房中设数台卧泵以及配套的电气设备和水仓。泵房内卧泵的排水能力除满足排净工作面吊泵所供的水量外，尚须设置备用泵，供交替检修。井筒上部淋水较大时，腰泵房可设在截水槽下，以排除从上段井筒截获的井壁淋水。

当两个井筒距离较近并同时施工，而且井筒断面不大（直径小于 6m）或涌水量较大时，可在两个井筒中间开凿一个共用的腰泵房及水仓，以减少临时工程。立井腰泵房水仓容量应不小于 0.5h 的涌水量。井筒特别深时，可采用多段排水方法，在井筒不同深度设置多个腰泵房。

腰泵房虽能解决吊泵等扬程不够的问题，但要增加临时硐室、设备及其检修操作人员，人员出入腰泵房既不方便又不安全。此外井筒施工后，腰泵房一般不保留需要充填，费时费工，既增加了投资，又影响立井施工速度，加大矿井建设周期，因此应尽量在施工准备期间作好预注浆工作，防治井筒涌水。当必须大高差排水时，为避免多段排水，施工期间应尽可能采用高扬程吊泵，少凿或不凿腰泵房。

（汪元垣）

yaohu baopo

药壶爆破 (springing blasting) 在炮眼底部先少量装药爆破成壶状，再装填炸药爆破的方法。将炮眼的柱状装药变为集中装药，与普通炮眼爆破法相比，具有钻眼工程量少、炮眼装药量多、一次爆破的岩土方量大，爆破效率高等优点。但扩壶一般需多次完成，药壶容积和状态不易准确测量，难于掌握设计药量与药壶容积之间的正确关系。

药壶爆破法适用于结构较完整的中硬以下岩层。

扩壶爆破次数及药包重量表

普氏系数 (f)	药量 (g) / 岩石可爆性等级	扩壶次数 1	2	3	4	5	6	7
>4	V以下	100～200	200					
2～4	V～VI	200	200	300				
0.6～4	VI～VII	100	200	400	600			
0.3～0.5	IX～X	100	200	400	600	800	900	1000

当用于露天爆破时，台阶高度小于 10～12m，当用于堑沟开挖时，可作为开挖深度 3～5m 的抛掷爆破。

扩壶工作是药壶爆破的重要工序。根据岩层性能和装药量（即所需药壶体积）来确定扩壶的用药量和扩壶次数，第一次扩壶药量可用 100g，以后按扩壶次序增加，扩壶药量与次数见上表。

（王树仁 刘清泉 李玉民）

yaojuan

药卷 (cartridge) 装有炸药的，由蜡纸、塑料或其它材料卷制的封闭型圆柱筒体。露天矿山惯称为“药包”。

药卷是为了在爆破作业中便于向炮眼内装药而设计的。药卷规格是根据爆破作业的需要或用户的要求而确定的。中国煤矿井下一般使用的药卷规格是：直径

32mm 或 35mm，质量 150g 或 200g。露天矿爆破用的药包，直径 90～180mm，质量 2kg、4kg 或 8kg。光面爆破用的药卷，直径 25mm 和 27mm，质量 100g。

药卷直径影响炸药的爆炸性能，在一定条件下，直径愈大殉爆距离和爆速都愈大，直至达到极限为止（达到最大稳定爆速时的最小直径）直径愈小殉爆距离和爆速都愈小，直至达到临界直径为止（能够引起爆炸的最小直径）。药卷外壳约束强度对炸药的爆炸性能也有影响，外壳比较坚强的药卷，爆炸性能指标较高。

（秦太杰）

yedan dongjie

液氮冻结　(liquid nitrogen freezing)　在冻结法凿井时，用液氮在冻结器中直接汽化吸热冻结围岩的一种冻结工艺方式。液氮制冷属于物态变化制冷，制冷量包括液氮汽化潜热和气氮温升显热两部分。在常压下，液氮的沸点为－195.8℃。在冻结施工中，汽化压力为 0.12MPa 时，如串联冻结器最后排出的气氮温度为－60℃，液氮的制冷量为 341.64kJ/kg。应用时液氮由专用槽车从生产厂送至工地，经液氮贮罐和绝热管路连续灌入冻结器直接汽化，吸收周围土层的热量、使土层形成冻结壁。液氮冻结系统如图。

液氮冻结系统

1—液氮槽车；2—液氮贮罐；3—绝热管路；4—冻结器；5—冻土

液氮冻结工艺具有系统简单、机械设备少、无需制冷设备、冻土扩展速度快和强度高等特点。适用于冻土量小、工期短的地下工程及其他抢险工程。

20 世纪 50 年代，由于世界范围氧气炼钢和空气分离技术的发展，液氮作为制氧工业的副产品大量出现，液氮逐渐被应用到国防军工、激光制导、医疗手术、食品速冻等行业。60 年代以后，国外在人工冻结工程中开始试验采用液氮，70 年代中国开始研究液氮冻结工艺系统、冻结器构造、液氮冻结参数和温度场等技术问题。1992 年 7 月液氮冻结技术第一次在中国上海地铁工程中得到实际应用。

（翁家杰）

yici chenghang

一次成巷　(simultaneous drifting)　掘进、永久支护和水沟掘砌（有时包括永久轨铺设），在一定距离内，相互配合，前后衔接，最大限度地同时施工，一次完成的巷道施工方法。按照掘进和永久支护的相互关系，一次成巷施工法分三种作业方式：(1)平行作业，在同一巷道中，掘进与永久支护在前后不同的地段同时进行，两者一般相距 20～40m，该段巷道采用临时支护。它适用于围岩稳定、掘进断面较大的条件下。平行作业施工速度快、效率高，但需要的人力、物力多，施工组织管理较复杂。(2) 单行作业，在同一巷道中，掘进与永久支护顺序进行，一般 30～40m 为一段，最大段距不超过 40m。它适用于围岩不稳定、掘进断面较小的条件下。单行作业施工组织管理较简单，需要的人力、物力较少，但成巷速度较慢。(3) 混合作业，在同一巷道中，在较短的距离内掘进与永久支护同步、同向作业，它适用于较稳定岩层中，混合作业施工安全、快速，但掘进、支护交替频繁，碹壁接茬多，封水性能差。

实行一次成巷，除了要正确选择施工方案外，还要合理安排各工序间的关系，采用科学的施工组织和先进的施工管理方法以及配套的技术装备。

一次成巷施工法，既能保证作业安全、提高工程质量、加快成巷速度，又可减少材料消耗、降低工程成本。

（华泽我　张和林）

yici chengjing

一次成井　(simultaneous shaft-sinking)　掘进、永久支护和井筒装备三种作业平行交叉施工，一次完成的井筒施工方法。一般施工方法是在整个井筒掘进和永久支护结束后，单独进行井筒安装，而一次成井则将安装工作提前在掘进、永久支护过程中进行。它适用于岩层稳定，井筒涌水量小，设计有金属罐梁的井筒。该施工方法的优点节省了井筒施工到底后向永久装备转换的过渡工期，有利于缩短矿井建设总工期，还可利用永久罐道梁悬吊部分凿井设施，减少悬吊设备，减轻井架荷载，简化地面布置并为利用生产井架（或井塔）和提升机创造条件。其缺点是施工组织复杂，多工序立体平行交叉作业，安全要求严格，此外罐梁、罐道

分次（段）安装，累计误差大，精度难以保证。

中国1958年在河南鹤壁梁峪副井首先采用一次成井施工方法。该井筒直径6m，深291m，施工利用20m高的永久钢井架和卷筒直径3m的永久提升机1台，同时还设置了卷筒直径2m的辅助提升机1台、20kW下材料小绞车1台、50kN凿井绞车8台、80kN凿井绞车3台。井筒内作业分别在两个段高内同时进行，段高为30～40m。在下段掘进井筒的同时上段自下而上砌筑永久支护，然后自上而下安装罐梁及罐道，利用罐梁悬吊凿井用的压风管和风筒。该井筒最高月成井93.7m，节约投资26万元，缩短建井工期3个月。1966年辽宁大隆风井也采用一次成井施工方法，井筒直径5m，深357m，在永久罐梁上安装临时罐道，代替吊桶运行的稳绳，转入平巷掘进时则作为临时罐笼的罐道。凿井设备除吊盘、照明、放炮、信号电缆用凿井绞车悬吊外，其余均为井内悬吊，地面布置卷筒直径2.5m的提升机1台，50kN凿井绞车3台、80kN凿井绞车2台。井筒掘进、永久支护和井筒装备顺序作业，每掘进30m以后，自下而上进行永久支护，然后自上而下安装罐梁及罐道。顺序作业与上述同时作业法相比，工序单一，施工管理简单，有利于施工安全，缺点是掘进不能连续作业，限制了施工速度的提高。该井用此种方式施工平均月成井39.4m，与其他方式比地面少布置10台凿井绞车，节约悬吊钢丝绳7000m。

20世纪50年代苏联采用一次成井法施工的井筒达十几个。捷克斯洛伐克在斯台里克3号主井采用一次成井法曾创月成井248.02m的成绩。随着施工工艺的改进，凿井速度加快，一次成井的优越性已不明显，而施工组织复杂、安全工作要求高等缺点相对突出，所以很少采用。

（曹 静）

yuchuli zhujiang

预处理注浆 （preparation grouting） 注浆前向孔内压注稀释的水玻璃溶液（溶液浓度一般为18～25Be′），以清洗和润滑岩石裂隙面的注浆工艺。实施预处理注浆提高岩层对浆液的吸收能力，增加浆液注入量。当岩石裂隙开度较小、互层分界面或对软岩裂隙采用水泥注浆难以达到注入量要求时，采用预处理注浆法可以获得较好的效果。

预处理注浆的施工顺序为：压水、注入被稀释的水玻璃、压水、注浆。注完水玻璃稀释液后，一定要压入定量清水，水量应不少于水玻璃的注入量，防止水玻璃扩散距离小，以致改注水泥浆后，两液在钻孔附近相遇、混合产生凝胶现象而达不到增加浆液注入量的目的。产生凝胶现象的标志是压力上升速度快，流量不增加，甚至出现不进浆的情况，此时应用高压清水冲孔、再次预处理，方能继续注浆。除水玻璃以外，还有纸浆废液、苛性钠溶液等。

（崔增骐）

yulie baopo

预裂爆破 （presplitting blasting） 在爆破岩体的轮廓线上的炮眼采用不耦合装药并先于其它炮眼爆破，形成连通裂缝的控制爆破技术。预裂爆破裂缝将开挖区与保留区分开，开挖区爆破时应力波传到预裂缝时发生反射和折射，使通过的应力波强度大为削弱，使保留区的岩石减小破坏、减少超挖和使壁面平整。

预裂爆破参数 孔径、孔距、线装药密度和装药不耦合系数是预裂爆破的主要参数，影响参数的因素有岩石的强度和可爆性、地质构造、炸药性能以及工程的施工条件和操作工艺等，这些因素之间的关系主要按实践经验确定。①孔径取决于岩石坚固性系数和对裂隙的质量要求，一般孔径小预裂效果好，故精度要求较高时多采用40～75mm孔径，一般工程采用45～90mm，少量为40～100mm，少数矿山采用孔径250mm也取得良好的爆破效果。②孔距与孔径的比值称为间距系数，孔径为40～100mm时间距系数取6～12，孔径大于100mm时间距系数为5～10，软岩取上限，硬岩取下限。③装药量一般以线装药密度即每米装药长度的药量（kg/m或g/m）来表示预裂孔底部夹制性较大要增加药量，孔深大于10m时孔底装药密度一般为线装药密度的三倍左右。④装药不耦合系数（即孔径与药卷直径之比）一般为1～5，调整该系数值可控制孔壁的动压强使孔壁不致压坏并延长孔内爆生气体的作用时间，使两孔间形成预裂裂隙。⑤不耦合系数和线装药密度、孔径和孔距等参数有关，不耦合系数由小到大，合理孔距则由大到小，为降低成本可选用较小的不耦合系数保证较大的孔距，但不耦合系数过小就达不到预裂的效果。

预裂爆破的质量标准 施工对象不同，预裂质量的要求亦不同，一般以预裂缝的宽窄、不平整度的大小、残留孔痕的百分比和减震效果来评定。①裂缝宽度不小于1cm。裂缝太窄开挖区爆破后被压实起不到屏蔽作用，裂缝过宽不仅增加药耗量而且减震效果差。②不平整度（相邻预裂孔轴线平面的差值）应小于30cm，它是验收质量的重要标准，露天开挖不平整度大于30～50cm时。表明预裂面已遭到严重破坏，如使用的预裂孔径较大、岩石节理裂隙发育，且急倾斜节理裂隙较多时，只要壁面基本平整就算满足预裂爆破的一般

要求。③残留孔痕以保留孔痕的百分数表示，它反映预裂孔周围的破坏程度，在坚硬岩石中要>85%，中硬岩石中>70%，软岩和破碎岩石中>50%。④减震效果应在40%以上，中国几个大型爆破工程减震效果均大于40%。

发展及现状　早在20世纪50年代初，瑞典和加拿大首先对预裂爆破进行了试验研究，1957～1962年间，美国在尼亚加拉（Niagara）水电站水渠和竖井开挖工程中，经过多种比较试验，认定预裂爆破是保护边坡的良好方法，以后预裂爆破在工程建设中得到广泛应用。与此同时，开展了理论研究工作，美国学者D. Hoemes等人从理论上证明了预裂爆破的裂缝是由于切向应力作用的结果，他们还通过热工学定律把深孔中的药卷体积同爆炸产物的初始压力联系起来，这是对预裂爆破理论基础的一次尝试性探讨。到目前为止，预裂爆破理论还存在不少争论，影响预裂爆破的参数仍为经验决定。

20世纪50年代后期，中国在水利、铁道和矿山建设中，开始试验使用预裂爆破，60年代在黄河青铜峡水电站进行了大量预裂爆破试验研究工作，70年代以后又在黄沙坪铅锌矿、云南八街矿、黄岛油库以及其他铁道路堑和水下垂直岸壁码头等工程都结合生产进行了试验。在水工建设中，近年来采用大规模的预裂爆破，一次预裂的最大深度达28m。

参考书目

陶颂霖，《凿岩爆破》，冶金工业出版社，1986。

王廷武、刘清泉等，《地面与地下工程控制爆破》，煤炭工业出版社，1980。

（王树仁　刘清泉　张金泉）

yuzhujiang

预注浆（pre-grouting）　井巷开凿到含水层或复杂地质条件前预先对这些地层进行的注浆工作。当立井通过工作面预计遇涌水量大于10m³/h的含水层或遇软岩、破碎带等复杂的地质条件时，可采用注浆技术进行堵水或加固。预注浆按施工对象分有地面预注浆和工作面预注浆，浆液一般选用水泥浆液、水泥－水玻璃浆液或粘土水泥浆液。预注浆对加快井巷施工速度、降低成本、提高工程质量和改善劳动条件具有重大作用，在桥涵、隧道、大坝基础等工程中也得到广泛应用。

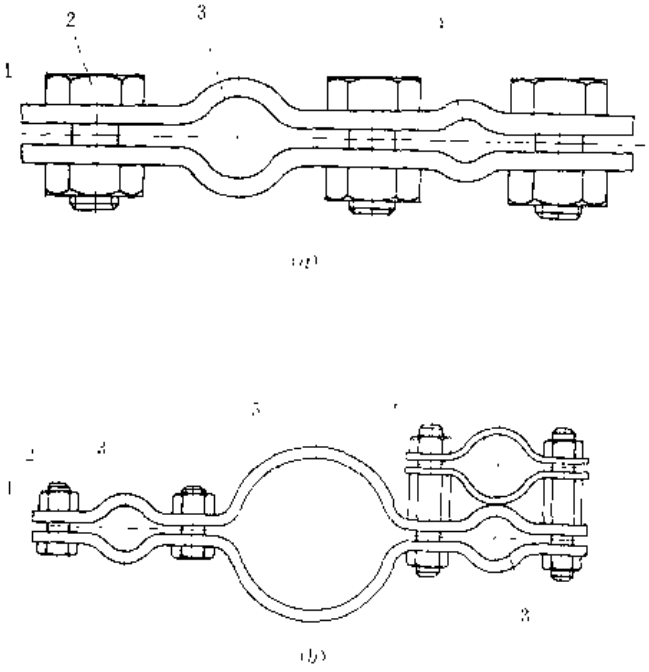
（崔增骥）

Z

zaojing guanlan xuandiao

凿井管缆悬吊 (hanging of pipes and lines for sinking) 将凿井用的管路、电缆卡固在钢丝绳上，钢丝绳经天轮或导向轮导向后缠绕在地面凿井绞车上，随着井筒施工，在井口拆卸、接长管路和提放电缆。也有液压提升器和链式起重器等悬吊方式。凿井管路、电缆悬吊有单绳悬吊、双绳悬吊和分段接力悬吊三种方法。

单绳悬吊 将一根或数根电缆每隔4～6m卡固在悬吊钢丝绳上或附挂在其它设备悬吊绳上，随井筒掘进在井口下放。单绳悬吊卡子见图。单绳悬吊管路时，钢丝绳下端设双叉绳，并与终端卡子联接。管子上端设一平衡卡子，增设一段钢丝绳吊于井架上，平衡管路的偏心力。单绳悬吊时凿井绞车及钢丝绳用量少，天轮平台及地面布置简单。但管路升降易扭转偏斜，安全性差且安拆管路不方便，它只适用于电缆或浅井筒的、重量轻的管路悬吊。



凿井管线悬吊卡子

a—单绳悬吊卡子；b—双绳悬吊卡子

1—卡子；2—联接螺栓；3—钢丝绳卡固位置；4—电缆卡固位置；5—管路卡固位置；6—长联接螺栓；7—管线卡固位置

双绳悬吊 两条钢丝绳对称布置在管路两侧，每隔4～6m用双绳管卡将管路卡固在钢丝绳上，随井筒掘进在井口接拆管路。双绳卡子见图。双绳悬吊升降平稳接拆方便，使用最广。但凿井绞车、钢丝绳用量大，布置复杂，需选用编捻方向相反的钢丝绳以减少管路升降时旋转和偏斜。

分段接力悬吊 将同一趟管路的上、下两段分别悬吊，上段管路的悬吊钢丝绳固定在井口或天轮平台钢梁上，长度不变。下段管路用凿井绞车悬吊，随井筒施工在井内专设的固定盘上接长和接通上下两段管路，为防止悬吊钢丝绳上部无管路段两绳互相缠绕，每隔10m设一绳卡。该法在井内固定盘上接拆管路十分不便，只适用于开凿深井而无大能力凿井绞车的工程中。

为确保安全，悬吊管线钢丝绳的安全系数应大于或等于5，宜采用6股19丝或每股19丝以上的钢丝绳，钢丝绳的长度除满足施工要求外，并应在卷筒上留有5～10圈绳。

（房廷贤）

zaojing jiaoche

凿井绞车 (sinking winch) 又称稳车。开凿井筒时用于悬吊吊盘、风筒、管道、电缆及其他凿井设备或张紧稳绳的绞车。凿井绞车有单卷筒和双卷筒两类，按其结构又分为缠绕式和摩擦式两种。凿井绞车的主要特点是低速、起重量（钢丝绳最大静张力）大。因为凿井绞车的转速比凿井提升机小得多，所以凿井绞车又称“稳车”或“慢速绞车”。

中国在1970年到1990年间主要使用JZ、JZ_2型和JZM型凿井绞车。JZ型和JZ_2型的技术规格

基本相同，分为单卷筒和双卷筒两类，钢丝绳最大静张力50、100、160、250kN、卷筒直径500～1600mm，宽度800～2000mm，每个卷筒容绳量分别为400、600、800、1000m，钢丝绳平均速度：快速时为6m/min，慢速时为3m/min，电动机功率11～55kW。它们有三套制动装置：工作闸、安全闸和电磁制动闸，采用可自锁的蜗轮减速器。JZM型为大型摩擦式凿井绞车（字母"M"代表"摩擦"）。其主要特点是钢丝绳和工作卷筒之间靠摩擦力传动，它有两个工作卷筒和一个缠绳卷筒，缠绳卷筒上有差动装置，能保证工作卷筒尾绳有一个恒定的张紧力。该凿井绞车有一排绳器，使钢丝绳排列整齐而不被挤坏，并具有较大的缠绳量（800～1000m）。具钢丝绳最大静张力有250kN和400kN两种。

凿井绞车的型号主要根据悬吊设备的总重量和悬吊方式进行选择。当凿井设备为单绳悬吊时，如安全梯、放炮电缆等，选用单卷筒凿井绞车。当凿井设备需双绳悬吊时，如吊盘、风筒、吊泵、混凝土输送管等，可选用一台双卷筒凿井绞车或两台单卷筒凿井绞车。凿井绞车钢丝绳的最大静张力应大于或等于钢丝绳悬吊荷重与钢丝绳自重之和，卷筒容绳量需大于悬吊深度。凿井绞车必须设置牢固的基础，基础的重量不小于提吊力的3倍。立井施工时需采用多台凿井绞车悬吊井内设施，为了绞车运行安全、可靠。应对它们进行集中控制和自动控制。

随着采矿工业的迅速发展，大井、深井日益增多，凿井时井筒内悬吊设备的数目及重量也日益增加，要求凿井绞车的提吊能力加大到450～500kN以上，容绳量达3000～8000m，并且具有结构紧凑、安装运输方便、制动安全可靠、提升速度可调等特点。

1980年以来中国在深井筒施工时，吊盘重量大与凿井绞车提吊能力不足的矛盾相当突出。如开凿直径8m、深度超过600m的立井时采用多层吊盘，加上下面悬的抓岩机，其总重量往往超过1000kN，用两台400kN的摩擦式凿井绞车悬吊能力还不足，为此只能采用稳绳兼吊盘绳来增加吊盘绳的数量或用吊盘绳经过滑轮组回绳悬吊等方法解决，但有时又出现容绳量不够的困难。因此，研制更大吨位的凿井绞车已事在必行。

原苏联设计和制造了移动式凿井绞车，1970～1980年间采用的有40、50、100、180和250kN等五种。移动式凿井绞车便于运输，安装工程量少。

（汪元垣）

zaojing jingjia

凿井井架 （sinking headframe） 凿井专用的井口大型立体结构物，用于井筒及巷道施工期间悬挂提升容器和凿井设备。凿井井架由主体立架、天轮平台、扶梯、围板等部分组成，必要时还设有斜撑。在井架腰部设有卸矸台。凿井井架承载能力应与提升设备和悬吊设备的荷载相适应；井架高度应满足提升容器过卷要求；天轮平台尺寸应与井筒直径相匹配；卸矸平台的高度应大于凿岩钻架升降、移动、检修所需的高度。井适合汽车在溜槽下装车；采用冻结层凿井时其底跨对角线的长度应大于冻结孔布置圈圈径。凿井井架有木井架和钢井架两种。

（1）木井架 木井架有四面坡和两面坡两种形式。一般由优质红松或水曲柳制作，采用榫接，并用钢拉杆加固。一个凿井井架约需85m³木材，其技术特征如表1所示。木井架易腐蚀、防火性差、承载能力有限、天轮布置受限制、安装时间长，复用率不高，一般只能连续使用二次，且需更换30%～40%的构件。随着井筒逐渐加深，从20世纪60年代开始木井架逐渐被钢井架所代替。

（2）钢井架 凿井钢井架主要形式为亭式。它的顶面和底面都呈正方形，四个侧面呈梯形，四面都是由

表1 凿井木井架技术特征

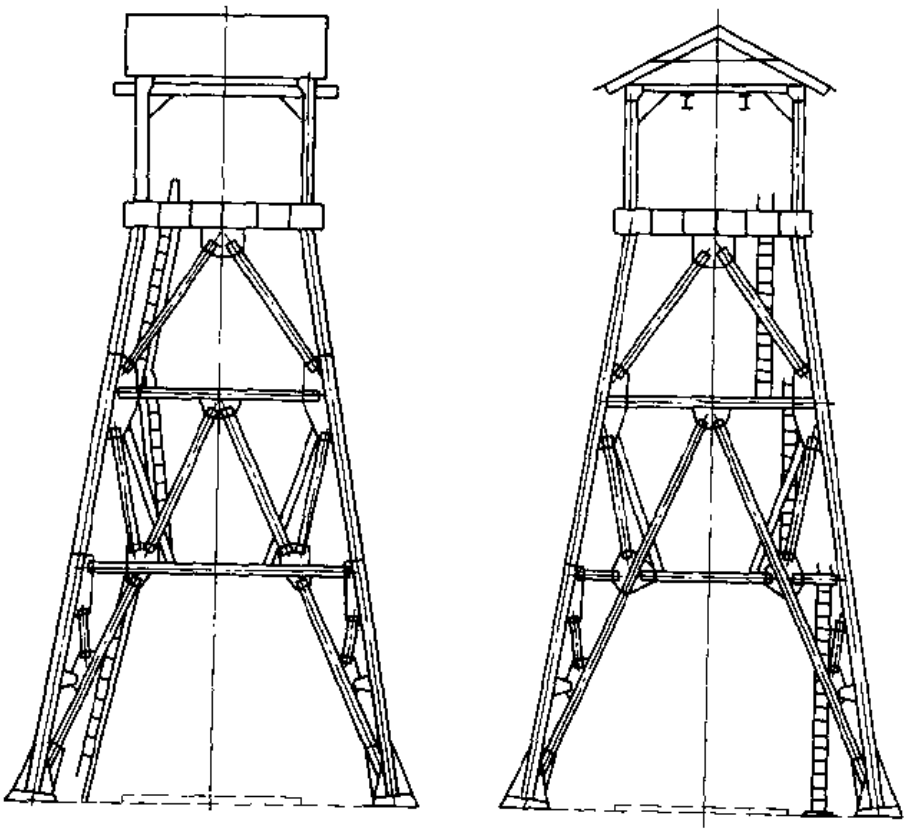
井架类型	适用条件		井架主要规格型式				
	井筒直径（m）	井筒深度（m）	高度（m）	天轮平台尺寸（长×宽）（m）	主架四柱的跨度（m）	后撑岔开方式	后撑岔开宽度（m）
东北52—Ⅰ型	6.5	500以内	主15.00 副13.40	7.2×5.0 木梁结构	6.0×8.6	四面坡	主23.32 副22.76
东北52—Ⅱ型	6.5	500以内	15.00	7.2×5.2 木梁结构	6.0×8.6	两面坡	23.32

续表

井架类型	适用条件		井架主要规格型式				
	井筒直径 (m)	井筒深度 (m)	高度 (m)	天轮平台尺寸 (长×宽) (m)	主架四柱的跨度 (m)	后撑岔开方式	后撑岔开宽度 (m)
东北 52－Ⅱ型	4.5	500 以内	15.00	6.0×1.2 木梁结构	5.0×8.6	两面坡	22.32
东北 54－Ⅰ型	6.0	500 以内	16.92	6.3×8.5 钢梁结构	6.0×8.6	两面坡	25.58
东北 54－Ⅱ型	6.0	500 以内	16.95	6.8×6.1 钢梁结构	6.0×8.6	两面坡	25.58
东北 54－Ⅲ型	4.5	500 以内	16.825	5.8×4.5 钢梁结构	5.0×8.0	两面坡	24.40

型钢或钢管组成的桁架结构，见图。该井架的特点是稳定性好，四个方向稳定性相同，天轮平台可以四面出绳，天轮梁布置灵活，各天轮可布置在同一层天轮平台上，井架坚固耐用，防火性好，复用率高，井架每节构件重量不大，安装、拆卸、运输方便，大、中、小矿井都能采用，已被广泛使用。中国 20 世纪 80 年代设计的凿井钢井架技术特征如下页表 2 所示。此外，在表土掘进时期，有时也可采用三角架及简易龙门架等易于拆卸的轻便井架。

天轮平台 位于井架上端专为安设天轮用的框架



钢井架图

表2 凿井钢井架技术特征

井架型号及系列代号	适用条件		井架主要规格					悬吊总荷重（kN）	
	井筒直径（m）	井筒深度（m）	[illegible]（m）	由基础顶面至第一层平台钢件中心线高度（m）	井架底部跨距（m）	天轮平台尺寸（m）	井架总重（t）	工作时	断绳时
Ⅰ MZJ1-1	3.5~5.[illegible]	200	16.212	5.[illegible]	10×10	5.5×5.5	25.[illegible]	[illegible]81.17	920.17
Ⅱ MZJ1-2	[illegible]5~6.[illegible]	400	17.[illegible]	5.[illegible]	12×12	6×6	30.6[illegible]	1115.[illegible]	1511.[illegible]
Ⅲ MZJ1-3	5.5~6.5	600	1[illegible]8	5.[illegible]	12×12	6.5×5.[illegible]	33.667	16[illegible]38	20[illegible]1.38
Ⅳ MZJ1-4	[illegible]5~6.5	600	[illegible]16	8.[illegible]	12.83×12.83	6.5×6.[illegible]	36.47[illegible]	[illegible]76	2[illegible]58
Ⅴ MZJ1-5	[illegible]~8.0	800	[illegible]	6.6	1[illegible]×14	7.0×[illegible]	46.380	2[illegible]	
Ⅵ MZJ1-6	[illegible]~8.0	800	[illegible]	1[illegible]	[illegible]×15.5	[illegible]	58.51	29[illegible]	
Ⅶ MZJ1-7	6.[illegible]~8.0	1000	[illegible]	10.[illegible]	16×16	7.5×7.5	7[illegible]	3[illegible]	
备注	[illegible]								

结构平台。它是井架的主要组成部分，承受由天轮传来的提升容器及悬吊设备的荷载。天轮平台由四根边梁和一根中梁组成正方形框架，另外根据天轮布置需要加设若干副梁。

卸矸台 开凿立井时，专为吊桶卸矸，在井口上方设置的结构物，曾称翻矸台。卸矸台为钢木结构，主梁通常选用工字梁，固定于井架主体桁架的水平连杆上，副梁通常采用木梁。主梁与副梁用U形卡连接，然后铺上木板。溜槽是将6mm厚的钢板焊在型钢骨架上，形成一个上宽下窄的槽形结构。其上端与卸矸台连接，下端支撑在独立的支架上，形成一个便于矸石自滑的斜坡及伸出井架外的槽口，用于装车。槽口上装有闸门，用气缸启闭。

利用生产井架凿井 凿井工程结束后，须将凿井井架更换为生产井架。为了节省这一更换时间，有些矿井利用生产井架凿井，即在凿井前就安装生产井架。因生产时井筒往往只有一对提升设备，没有其他悬吊设备，因此普通生产井架的承载能力比凿井井架小，天轮平台也比较小。利用生产井架凿井时必须简化凿井设备布置，减轻井架负荷，例如风筒、压风管等设施采用井内吊挂方式，将悬吊天轮分散到为3~4层布置，另外增设独立支撑架安装卸矸台及悬吊部分设备。除采取这些措施外，还必须对井架部分构件进行加固。20世纪60年代初，中国曾在包头长汉沟矿副井、河南鹤壁梁峪矿副井利用生产井架凿井，井筒直径均为6m，井筒深度分别为95.4m、291m；井架高度为20m。利用生产井架凿井适用于浅井，悬吊设备比较轻的条件。

当矿井永久提升采用落地摩擦式提升机及箱式井架时，由于它承载能力大，高度大，平台数目多，平面尺寸一般等于或大于井筒直径，稍作改造即能用于井筒施工。中国1988年在开滦东欢坨副井、1990年在兖州济宁二号副井曾用此种井架凿井，井筒直径均为8m，深度分别为737m和625m，井架高度分别为47m和52m，井架底跨分别为17m×34.5m和18m×25.5m，凿井天轮平台分别为8.5m×14.1m和10.567m×10.694m。

利用井塔凿井 矿井永久提升采用摩擦式提升机时，提升机房多位于井塔顶端。井塔多为钢筋混凝土结构，一般高40~60m，有6~8层，平面为直径12~18m

的圆形或（12～18m）×（12～18m）的矩形，承载能力大，能四面受力，采取措施后即能满足凿井的需要。20世纪60年代初中国在东北台吉矿主井首次利用井塔凿井。该井筒直径6m，井筒深度925m，井塔为直径12m的圆形钢筋混凝土结构，高50.9m，凿井期间利用1～5层平台，利用高度30m。到了80年代，中国已有7个立井利用井塔凿井。

苏联和波兰分别于1977年、1980年开始将井塔用于冻结井筒施工，并量测了有关井塔基础升、降变化的数据，为今后使用井塔凿井提供了重要的参考资料。

生产凿井两用井架 能兼顾生产和凿井两个时期不同需要的井架，即在设计井架时不仅满足生产矿井提升的需要，又考虑凿井时提升和悬吊设备的荷载及布置等要求。如果两个时期荷载相差不远，生产凿井两用井架是合理的。20世纪60年代中国在徐州庞庄矿副井使用过生产凿井两用井架，它是四柱式钢筋混凝土结构，高14.5m，下跨为6.0m×3.75m，天轮平台5.5m×5.5m。井筒直径5.0m，井深207m。

参考书目

王介峰等编，《凿井工程图册》，第三分册，立井凿井钢井架，煤炭工业出版社．1988

沈季良、崔云龙、王介峰主编，《建井工程手册》第二卷，煤炭工业出版社，1988。

（胡德铨）

zaojing shebei

凿井设备 （sinking equipment） 立井开凿期间用于掘进、支护及辅助作业的机械设备总称，包括提升、悬吊、排水、通风、压风、排矸、掘砌等设备。凿井设备的选择要综合考虑井筒直径、井筒深度、施工作业方式和施工工艺等因素，并尽可能在巷道开拓及整个矿井建设期间可以继续利用。各种凿井设备运行时应互相适应、协调一致，能力要相互匹配，并有一定的富裕系数，以提高他们的综合生产能力。良好的凿井设备是保证井筒快速、连续、安全施工的重要条件。

（1）提升设备主要是提升机。根据井筒、巷道施工以及安装不同时期的提升方式和提升量选定其型号。根据井筒断面深度选定其数量。一个井筒通常选用两台提升机。如该井筒改绞后用于平巷施工时期的提升，则一台为双卷筒提升机，凿井时期一般作单钩提升用，另一台为单卷筒提升机。当井筒断面深度都比较大需要大提升能力时，亦可布置三台提升机。为适应建井特点应选用便于拆装的单绳缠绕式提升机且临时提升机房不带地下室。中国已开始应用JKZ型凿井专用提升机。

（2）悬吊设备主要是凿井绞车，根据悬吊设备终端荷重和钢丝绳自重及悬吊方法等选择凿井绞车的规格和数量，通常井筒直径6.5～8.0m时布置10～13台。中国常用的为JZ_2型系列的单卷筒、双卷筒凿井绞车。为适应深井悬吊需要可选用JZM系列摩擦式凿井绞车。为适应安全梯在紧急情况下提升人员需要，应选用三种驱动方式（手动、电动、汽车轮拖动）的$JZA_2$5/1000型的安全梯专用绞车。为适应长绳悬吊抓岩机频繁起动、升降的特点，应选用JZ_2T10/700或JZ_2T10/950型专用凿井绞车。

（3）排水设备主要是水泵。根据井筒深度、岩层涌水量大小选定水泵型号及数量。通常一个井筒布置1～2台水泵。因水泵的水轮易磨损，要经常检修，为此地面应有一定数量的备用泵。中国井筒排水常采用NBD及80DGL系列吊泵，KQ系列矿用电动潜水泵及风动潜水泵等。吊泵或矿用电动潜水泵均用凿井绞车悬吊。井筒施工排水一般由风动潜水泵将工作面混水排至吊盘水箱内，再用吊泵或电动潜水泵转排至地面。

（4）通风设备主要是通风机。根据井筒深度、净直径、工作面炸药爆破量、沼气量及通风方式选定设备型号及数量。通常压入式通风选用一台BKJ、ZBKJ型矿井轴流式局部通风机。抽出式通风选用一台4－72型高效率中低压离心式通风机或G4－73型离心式通风机。混合式通风则选用压入、抽出式通风机各一台。4－72型离心式通风机有12种型号，凿井时常选用的有No.12C、No.16B、No.10D、No.12D四种。G4－73型离心式通风机也有12种型号，凿井时常选用的有No.10D，No.11D、No.12D三种。上述通风机均不能随着凿井深度变化而改变其能力，因此20世纪80年代后期中国研制了凿井专用通风机，其主要特点是电动机转速可在440～1250r/min之间进行无极调速，以改变通风机的能力。凿井通风机主要性能如下页表1所示。

（5）压风设备主要是空气压缩机。根据井筒及巷道各施工阶段所用压风量选择空气压缩机的型号和台数，并要有备用量。中国煤炭系统一般选用活塞式空气压缩机，排气量为20～60m^3/min，排气压力0.8MPa。

（6）排矸设备主要是地面运矸用的电机车或汽车。根据排矸方式和出矸量选定设备类型及数量。采用窄轨式运输时中国多选用粘重2.5吨、5吨、8吨的XK2.5－6/48－1A型、CDXT－5型、XK8－6/100－1A型蓄电池式电机车或60马力、80马力内燃机车，通常一个井筒配备1～2台。采用汽车排矸时中国多选

表1　凿井专用通风机主要性能

性能参数	型号		
	4－57－11－No. 1125D型	4－58－11－No. 1125D (KJ－11－No. 1125D)	KJ_7－33－No. 15F 井凿深井的高压风机
风量（m^3/min）	335～1070	318～886	527～1163
全压（Pa）	3600～2255	4400～2620	9500～7900
转数（r/min）	1250（可调）	1350～440	1350～440
电动机功率（kW）	65	75	2×100

用7～15吨自卸汽车，通常一个井筒配备1～2台。为提高自卸汽车的设备利用率，可在卸矸漏斗处设矸石仓或落地储矸场，为此需配备转载机1台。

(7)掘砌设备：掘进专用设备主要是凿岩钻架及抓岩设备。砌壁设备主要是地面混凝土搅拌站配套设备。

中国产的凿岩钻架有环形钻架和伞形钻架两种。环形钻架适用于井筒净直径5～6m，打眼深度2.5～4m，由于该钻架机械化程度低，换钎子时间较长，现逐渐被伞形钻架所取代。中国产的伞形钻架分6个或9个动臂两大类。6个动臂的有三种型号即FJD－6型，FJD－6A型、FJD－6.7型，分别用于掘进直径为5～6.8m、5.5～9.6m、6.62～8.6m的井筒，其推进行程分别为3、4.2、4m。9个动臂的有两种型号即FJD－9型、FJD－9A型，分别用于掘进直径4.9～9.5m，5.5～9.6m的井筒，推进行程均为4m。

中国产的抓岩机有人力操作和机械操作两大类。人力操作的抓岩机又分为吊盘悬吊和地面长绳悬吊两种。吊盘悬吊的抓岩机有斗容为0.11m^3的NZQ_2－0.11型抓岩机，适用于各类直径井筒，当井筒直径大于4.5m时应布置2台。斗容为0.2m^3的HS－2抓岩机，适用于直径4～5.5m的井筒。地面长绳悬吊抓岩机有斗容为0.6m^3的HS－6型抓岩机，适用于直径5～8m，深度950m的井筒。机械操作的抓岩机分为靠壁式、环行轨道式、中心回转式三种。靠壁式抓岩机有斗容为0.4m^3的HK－4型及0.6m^3的HK－6型两种，分别适用于直径4～5.5m、5～6.5m的井筒，该型抓岩机除设一台凿井绞车悬吊外，工作时机身须固定在井帮上，为此井帮岩石必须坚固稳定，一般多用于冶金矿山。环行轨道式抓岩机有斗容为0.6m^3的单斗HH－6型及双斗2HH－6型两种，分别适用于直径5～8m、6.5～8m的井筒。中心回转式抓岩机有斗容为0.4m^3的HZ－4型、斗容为0.6m^3的HZ－6型及斗容为1m^3的HZ－10型三种，分别适用于直径4～6m、5～7m、大于7.5m的井筒，该机型适应性广，已在中国矿山井筒掘进中全面推广使用。

混凝土搅拌站设备由搅拌机、带式输送机、散装水泥罐等组成。中国煤炭系统常采用锥形反转出料式、自落式、强制式等三种混凝土搅拌机。随着井筒砌壁速度加快，混凝土搅拌站正向综合机械化及大型化发展。因此每一个施工井筒，需配备出料容积为1m^3的JQ－1000型强制式搅拌机2台，输送生产能力500t/h的带式输送机4台。为减少设备占用井口的场地，便于装拆运输和集中管理，20世纪80年代中期开始采用了移动式混凝土搅拌站。

参考书目

沈季良、崔云龙、王介峰主编，《建井工程手册》第二卷，煤炭工业出版社，1986。

（胡德铨）

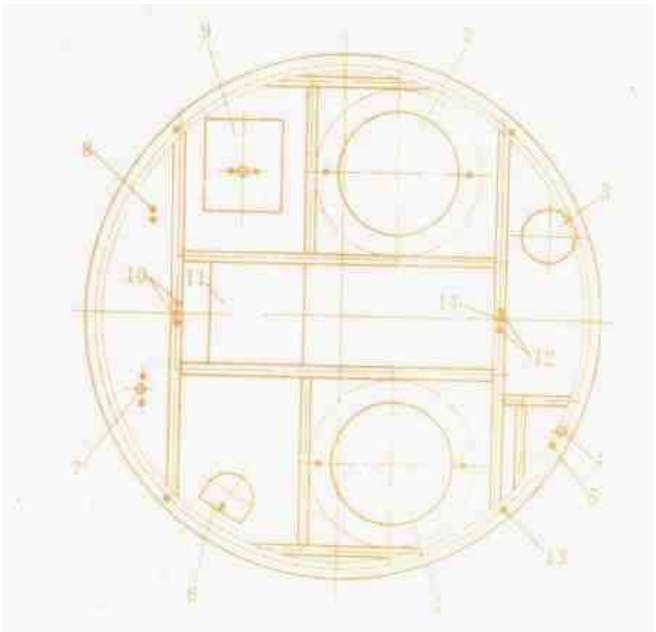
zaojing shebei buzhi

凿井设备布置　(sinking equipment arrangement)　将凿井设备按施工工艺要求在井筒平面和立面合理地进行布局和配置。凿井设备布置包括井内设备、提绞设备和天轮平台的布置。提绞设备应使井架应力均衡，要与临近井筒协调布置，且不影响永久建筑物施工；井内设备布置应与天轮平台、卸矸台协调一致，兼顾凿井、巷道施工、井筒安装各施工阶段的需要，使改装工作量最小。

(1)井内凿井设备布置。井内凿井设备有吊桶、抓岩机、吊泵、凿岩钻架、安全梯和管路电缆。①吊桶要偏离井筒中心靠提升机一侧布置，以利天轮平台和其它凿井设备的布置；双卷筒提升机作单钩提升时，吊桶要布置在固定卷筒一侧，并置于生产时提升间内，便于井筒安装和减少井筒转入平巷施工时，改换临时罐笼提升时的改装工程量；吊桶外缘与永久井壁间的距离不得小于450mm，相邻提升吊桶的导向装置间的距离，根据提升高度计算决定，当井筒深度小于300m时不得小于300mm。②抓岩机的位置要与吊桶协调配

合，使抓岩无死角充分发挥抓岩机的效率，且要偏离井筒中心不影响井筒测量定向。③凿岩钻架为伞形钻架时支撑臂的固定位置要避开吊桶及吊泵的位置，以免相互碰撞，井口应有伞形钻架吊运空间；为环形钻架时其悬吊绞车要对称布置在吊盘上，保证环形钻架升降平稳，钻凿提升喇叭口下方炮眼时，要防止外伸滑道与运行吊桶相碰撞。④吊泵要靠近井壁腰泵房一侧，以便于排水管衔接，并置于卸矸台对面或两侧，便于在井口提放。吊泵通过孔口周围的间隙不得小于150mm。⑤风筒、压风管和混凝土输送管宜沿井筒周边布置，并分别靠近通风机房、压风机房和混凝土搅拌站一侧，以缩短管路长度和简化井口管路布置；风筒和管路适当靠近吊桶，便于用吊桶检修管路，其悬吊卡子的端部到提升容器边缘的距离不得小于500mm，与通过孔口周围间隙不小于100mm。⑥照明、动力电缆与信号、通讯、放炮电缆的距离不应小于300mm，信号和放炮电缆与压风管的距离不应小于1m，放炮电缆应单独悬吊。⑦安全梯应靠近井壁悬吊，距井壁不应大于500mm，通过孔口时其周围间隙不得小于150mm。典型的井内凿井设备布置见图。

(2)凿井用盘布置。凿井用盘包括吊盘稳绳盘、封口盘和固定盘。①吊盘、稳绳盘在井内经常移动，距掘进工作面的最大距离不超过40m，一般为15～30m，以利大斗容抓岩机作业；吊盘绳的悬吊点要避开井内罐梁和罐道位置，以保证吊盘升降平稳和避免井筒安装时重新改装吊盘；吊盘上的各种施工设备应均匀分布，中心应留出200mm×200mm测孔，吊盘的突出部分与模板或永久井壁间的距离不应大于100mm，吊盘喇叭口与滑架最突出部分的间隙不得小于100mm。②封口盘盘面标高应高于最高洪水位，并高出地面200～300mm，梁格位置和大小应和井内各种悬吊设备所占孔口位置上下协调一致。③固定盘设在封口盘以下4～8m处，用梯子与封口盘接通其钢梁应离开井筒中心100mm以上。



井内凿井设备布置图

1、2—吊桶；3—风筒；4—压风管；5—供水管；6—安全梯；7—混凝土输送管；8—放炮电缆；9—吊泵；10—照明、动力电缆；11—抓岩机；12—通讯、信号电缆；13—金属模板钢丝绳悬吊点；14—吊盘钢丝绳悬吊点

(3)提绞设备布置。提绞设备主要包括凿井提升机和凿井绞车(稳车)。①临时提升机房的布置应不影响永久提升机安装及地面永久建筑物施工；箕斗井临时提升机房的位置，要根据井下临时绕道的出车方向确定，使提升中心线与井下出车方向一致，减少井巷过渡时的改绞工作量。提升机的位置应使提升钢丝绳的最大弦长小于60m，最大偏角单层缠绕时不应超过1°30′，多层缠绕时不应超过1°15′，最小仰角(下绳)30°(JK系列为15°)。罐笼井常为一次改绞井，临时提升机房的位置可布置在永久提升机房对侧、前面，该提升机的位置亦应满足提升钢丝绳最大弦长、最大偏角和最小仰角的规定值。②凿井绞车应布置在井架四周，使井架受力均衡，同时应集中布置，便于管理和修建共用绞车房；凿井绞车的位置要使钢丝绳的最大弦长小于55m，最大偏角小于2°；凿井绞车之间应留有操作、检修空间，钢丝绳与地面运输工具间也应留出适当的安全距离；几个井筒在同一广场施工时，凿井绞车的位置要统一考虑，协调布置。

(4)天轮平台布置。天轮平台布置的原则是：中梁轴线要与凿井提升中心线垂直，使凿井期间的最大提升动荷载与井架最大承载能力方向一致；天轮平台中梁轴线要离开与之平行的井筒中心线一定距离，并向主提升机反向一侧错动，以便使吊桶改为临时罐笼时，可将提升钢丝绳平移至井筒中心线处，提升天轮无需跨越天轮平台中间主梁，天轮轴承座也无需抬高，而且也利于凿井期间在井筒中心线处设置吊盘悬吊天轮；天轮平台上各天轮的位置及天轮的出绳方向，应根据井内设备、管缆悬吊钢丝绳落绳点的位置、井架均衡受载状况、地面提绞设备布置，以及天轮平台设置天轮梁的可能性等因素选定；凿井设备需用两台凿井绞车悬吊时，两个天轮应布置在同一侧，使出绳方向一致，以便集中布置凿井绞车和同步运行；双绳悬吊的管路应采用双槽天轮，以简化天轮平台的布置；尽量采用通梁

或相邻两个天轮共用一根天轮梁，以减少天轮梁的数目；布置天轮梁时，应使天轮梁中心线与天轮轴承中心线垂直，与天轮平台中心线平行布置，只有天轮平台过分拥挤或地面凿井绞车布置十分困难的条件下，才采用支承梁中心线与天轮平台中心线斜交布置，其夹角可取30°或45°；天轮的出绳方向应使井架受力均衡，标准亭式凿井井架可采用两面出绳或四面出绳，使悬吊荷载对称均布；悬吊钢丝绳与天轮平台构件的间隙应不小于50mm，天轮与天轮平台各构件间隙应不小于60mm。

布置天轮平台时，当天轮或悬吊钢丝绳与天轮平台主梁、主体架构件发生碰撞和相互干扰，可采取下列方法进行调整。①改变双槽天轮的轴承间距，增加天轮平台的有效面积，或调节两根天轮梁的中心线间距；②采用通梁、短梁、桁架梁、组合梁，改变梁的型号和支承点的位置；③增设垫梁或增加天轮轴承座的标高，安设导向轮或天轮平台边梁下面出绳，改变出绳方位；④改变梁与梁的联接方法，调节竖向位置；⑤天轮主梁下翼缘加托梁或采用地轮。当以上措施均无法解决问题时，可重新调整井内悬吊设备和管路、电缆位置，以便改动天轮和天轮支承梁的位置。

参考书目

董方庭等主编，《井巷设计与施工》，中国矿业大学出版社，1986。

沈季良等主编，《建井工程手册》，煤炭工业出版社，1986。

（房延贤）

zaojing tishengji

凿井提升机 （sinking hoist） 用于凿井期间提升矸石，升降物料、设备、人员的专用提升机械。建井期间通常采用缠绕式提升机。因凿井提升机经常拆迁，其尺寸不宜太大，提升机房也不宜带地下室。采用双钩提升时，因井筒掘进工作面不断向下延深，所以要求凿井提升机调绳方便。中国根据这些要求专门设计了JKZ型凿井提升机（字母"Z"代表"凿井"），它的静张力和静张力差较大，可满足深井提升大吊桶和升降伞钻的要求；双卷筒提升机的离合器调绳方便；盘型闸制动盘与卷筒均由两部分组成，便于拆卸，其余部件也考虑到拆卸和安装方便，而且单件重量轻、便于运输。JKZ型凿井提升机有四种规格，卷筒直径分别为2×ϕ3.6m、2×ϕ3m；1×ϕ2.8m、1×ϕ2m。典型的有JKZ－2.8/15.5型（单卷筒）和2JKZ－3/15.5型（双卷筒），钢丝绳最大静张力分别为15kN及17kN，钢丝绳最大静张力差分别为15kN及14kN，最大绳速分别为5.48（4.54）m/s、5.88（4.68）m/s，最大施运长度或提升高度分别为1230m，1295m电动机功率均为1000（800）kW。

中国在1980年前，尚未研制JKZ型提升机，多以矿用JK型提升机作为凿井提升机。JK型提升机有单卷筒和双卷筒两类，卷筒直径2～5m。卷筒宽度有1000、1200、1500、1700、1800、2000mm等数种。钢丝绳静张力60～230kN，钢丝绳静张力差40～160kN，最大绳速2.5～11.95m/s，最大提升高度或施运长度565～1285m，电动机功率115～2200kW，典型的有2JK－3.5/15.5型（双卷筒）和JK－2.5/20型（单卷筒）等。中国在建井中还使用了部分国外引进的提升机。如瑞典ASEA（ABB）公司生产的HTVD型提升机，卷筒直径1×ϕ2.75m和2×ϕ3.5m。德国AEG公司生产的GHH型提升机，卷筒直径2×ϕ3m和2×ϕ3.5m。

凿井提升机的提升能力必须大于掘进装岩能力。并能满足井筒掘进到底后，转入巷道施工期提升的需要，为此应选用双卷筒提升机。随着建井规模的加大，提升机也正在向大型化方向发展。

国外凿井提升机具有代表性的有德国的扁钢丝绳绞盘式提升机、原苏联的移动式凿井提升机。扁钢丝绳绞盘式提升机是专为开凿深井设计的，有单绞盘和双绞盘两种，分别用于单钩和双钩提升，提升速度为12m/s。提升机为直流电机拖动，调速性能好，动力消耗少，拆运、安装和维护简便。双绞盘提升机调绳非常方便。这种提升机的特点是缠绳半径不断变化，所以当吊桶从井底工作面向地面运行时，阻力矩的变化范围较小，因而电动机功率相对较小，而且对制动系统的工况及安全制动有利。原苏联研制的МПП系列移动式凿井提升机，卷筒直径2850mm，提升速度8m/s，电动机功率2×630kW，在凿井工程中使用，取得了良好效果。南非提升矸石使用3900kW的生产矿用提升机，卷筒直径4.88m，采用直径63.5mm的不旋转钢丝绳，绳速15.2m/s。

参考书目

周遇荣、严万生主编，《矿山固定机械手册》，煤炭工业出版社，1986。

（汪元垣）

zaojing tianlun

凿井天轮 （sinking head sheave） 开凿井筒时设置在凿井井架的顶部，承托提升或悬吊钢丝绳的导向轮。凿井天轮有提升天轮和悬吊天轮两大类。它们都有固定的位置，属固定式天轮。斜井提升天轮往往是游动式天轮。

凿井提升天轮 按中国标准凿井提升天轮的直径有1.2、1.6、2.0、2.5和3.0m五种规格。天轮直径根据钢丝绳直径和钢丝直径确定。当提升天轮的钢丝绳围抱角大于90°时，天轮直径与钢丝绳直径之比不得小于60；围抱角小于90°时两者比值不得小于40，而且天轮直径与钢丝绳中最粗钢丝直径之比不得小于900，以免钢丝过度弯折。为了改善天轮的工作条件，凿井提升天轮的轴承选用自动调心双列滚动轴承。

斜井提升时，为了保证钢丝绳与天轮绳槽的正常安全啮合，防止钢丝绳与天轮轮缘过分摩擦而损坏，故天轮须在长轴上作轴向游动。游动式天轮有直径400～2000mm多种规格。根据中国1992年版《煤矿安全规程》规定，倾斜井巷提升绞车的游动天轮直径与钢丝绳直径之比不得小于20。

悬吊天轮 开凿井筒时设置在凿井井架的顶部，承托悬吊钢丝绳的导向轮。悬吊天轮用于开凿立井井筒时悬吊管道、风筒、吊盘及掘进设备，所以悬吊天轮又称凿井悬吊天轮。

中国80年代设计的悬吊天轮一律采用固定心轴，整体轴承座支承，滑动轴承设在绳轮和轴之间。轴套材质是锡青铜ZQSn10—1。轴承座和绳轮均采用HT20—40普通铸铁。悬吊天轮是按JZ系列凿井绞车（稳车）钢丝绳最大静张力分别为50、100、160、250、400kN配套设计的。按凿井绞车（稳车）钢丝绳最大直径分别为φ23、φ31、φ40、φ50和φ62.5mm五种规格，确定悬吊天轮的公称直径为φ0.5、φ0.65、φ0.8、φ1.05和φ1.25m五个等级。悬吊天轮分为单槽天轮和双槽两类。设备采用双绳悬吊时，只要条件许可，应优先选用双槽天轮。双槽天轮多为绳轮与轴承座可调型式，即双槽天轮的绳轮间距可以调整，随悬吊钢丝绳的间距而定，同时考虑天轮平台布置的方便，双槽天轮的轴承座均可沿轴向调整。中国设计的双槽天轮中有四种专供悬吊管路，四种专供悬吊风筒，两种专供悬吊稳绳，选用时也可根据实际需要，另行组合设计。双槽天轮两绳轮可各自转动而互不制约。悬吊天轮直径选择的原则是：天轮直径与钢丝绳直径之比不得小于20；天轮直径与钢丝绳中最粗钢丝直径之比不得小于300。

（江元垣）

zaojingyong lengdongji

凿井用冷冻机 （sinking cooling machine）

冻结法凿井制冷工艺系统中的主机。根据运动形式，它分为往复式和回转式两种。前者活塞在汽缸中作往复运动，如往复压缩冷冻机；后者活塞在汽缸内作回转运动，如螺杆压缩冷冻机。它们均为容积式冷冻机。

以氨为制冷剂的往复压缩冷冻机和螺杆压缩冷冻机，制造工艺简单、制冷量适中、调配灵活、便于装拆和运输。

往复压缩冷冻机 又称活塞式压缩冷冻机，它靠活塞在汽缸内往复运动形成工作容积的变化来完成氨蒸气的吸入、压缩和排出。它机型多、生产使用广，常用的是曲柄连杆式传动机构、立式单作用逆流式氨压缩冷冻机，缸径为125mm和170mm的二种系列。

往复压缩冷冻机由机体、曲轴、主轴承、连杆、活塞、吸气阀、排气阀、轴封、安全阀、能量调节机构和润滑系统等组成，结构紧凑，有转速快、重量轻、效率高、能量调节简单和使用方便等特点，但零部件多、易损坏、操作维修复杂。

螺杆压缩冷冻机 它靠一对相互啮合的转子（螺杆）在汽缸内转动，使封闭容积缩小，达到压缩气体的目的，有无油式和喷油式两种。应用最多的是喷油式单级结构，在长期低温工况下运转可用单机双级形式。它通常为一机组，由冷冻机及辅助配套设备（油分离器、冷却器、油泵等）组成，组装在共用的机架上。

螺杆压缩冷冻机由转子、机体、底座、轴承、轴封、平衡活塞以及调节排气量和卸载用的滑阀机构组成。转子为一对平行放置并互相啮合的螺杆，螺杆具有特殊的齿型，凸齿型者称为阳转子（主转子），凹齿型者称为阴转子（从转子），两转子向相反方向同时旋转时完成吸气、压缩、排气。单机双级螺杆压缩冷冻机是在吸气结束、压缩开始时进行中间补气，以提高单位功率制冷量，其效率随吸、排气压比而增大。冷冻机在运转过程中向工作腔喷油来润滑、冷却排气温度并降低噪音。

这种压缩机具有结构简单、转速高、振动小、运转平稳、排气温度低、在大压比下容积效率高、可无级能量调节、少量进液不敏感、易损件少、运转周期长、使用安全可靠等特点，但噪音较高，压缩腔内大量喷润滑油，油分离器、油冷却器结构复杂，体积大。

冻结凿井常用的螺杆压缩冷冻机，有单级KA20C型和单机双级2KA20C型两种。

（张崇森 刘振翮）

zhayao

炸药 （explosive） 在一定能量作用下，无需外界供氧时，能够发生快速化学反应，生成大量的热和气体产物的物质。炸药这种瞬间发生放热化学反应，生成高温气体在周围介质造成高压的现象称为化学性爆炸，炸药即是一种爆炸性物质，它分为单质炸药（单一化合物的炸药）和混合炸药（由两种或两种以上的爆炸

组分组成的炸药）两大类。现代科学技术的发展，人们发现了大量爆炸性物质，而作为炸药获得实际应用的是一些生产安全、爆炸性能良好、技术与经济效果合理的部分物质，并形成了品种、性能，用途各异的炸药系列，广泛应用于军事（军品炸药）和各工业部门（工业炸药）。在矿山采掘作业的爆破工程上所用的工业炸药，一般应满足矿山的特殊环境（如有煤尘、瓦斯爆炸危险的矿井、有硫尘或硫化物爆炸危险的矿井，高温矿井、含有毒气体、油蒸汽的石油或地蜡矿井等）的要求，将之称为矿用炸药。

矿用炸药发展简史 作为矿用炸药最早的是黑火药，随后相继出现了硝化甘油类，硝酸铵类和以硝酸盐为主剂的含水炸药。黑火药、硝化甘油炸药、含水炸药是工业炸药发展的三个重要阶段。

黑火药是由硝酸钾、硫黄和木炭组分的混合物。它是最早出现的炸药，远在公元前220年中国人已初具黑火药知识，至唐代(6～7)世纪已广泛用于制做烟火、花炮，而且还作为火攻武器用到了军事上。约在12世纪时中国的黑火药知识经阿拉伯国家又传入欧洲。据资料记载，1627年开始用黑火药装入炮眼以爆破矿岩，而后在西欧，北美一些国家相继将黑火药用于矿山，筑路和隧道等工程上。黑火药作为独一无二的炸药一直使用到19世纪中期硝化甘油的出现。1865年瑞典人艾尔弗雷德·诺贝尔（Alfred Nobel）发明了以硅藻土（25%）和硝化甘油（75%）组成的硝化甘油炸药——达纳迈特（Dynamite），以后又用木粉取代了硅藻土，1875年又以硝化甘油和硝化棉制成了胶质硝化甘油炸药（胶质达纳迈特）。由于硝化甘油炸药具有优良的爆炸性能，取代了黑火药开始了工业炸药新纪元并应用到20世纪40年代。为提高工业使用的安全性和可靠性，降低炸药的感度和成本相继出现了不同组分的硝化甘油炸药，如达纳迈克斯（Dynamex）炸药（摩擦感度和撞击感度比达纳迈特低4倍）和粉状硝化甘油炸药（以硝酸盐、可燃物和少量硝化甘油作敏化剂组成），硝酸铵混合炸药差不多是与硝化甘油炸药同时发展的，1867年奥尔森（olsson）和诺宾（Norrbein）用硝酸铵和各种燃料（煤和碳氢化合物）制成了硝酸铵混合炸药，这是以后不同组分的硝酸铵类炸药发展的基础，首先以硝化甘油为敏化剂与硝酸铵混合炸药，至1924年制成以梯恩梯为敏化剂的硝酸铵混合炸药，即铵梯炸药并一直在工业上应用至今。1954年以多孔粒状硝酸铵与柴油相混的铵油炸药试验成功并于1955年在矿山大量应用，在品种上出现有粒状铵油炸药和粉状铵油炸药，后者除硝酸铵和柴油外还增加了木粉。由于铵油炸药具有原料来源广，成本低，易于制备和实现机械化装药，使用方便与安全等优点而受到重视，发展极为迅速，成为矿山爆破（特别是露天矿和硐室大爆破）的主要炸药。1956年库克（M. A. Cook）教授和法南姆（H. E. Farnam）教授发明了浆状炸药不仅克服了铵油炸药缺乏抗水性和体积作功能力低的缺点，而且开创了含水硝酸铵类炸药的新纪元，成为工业炸药发展的一次革命，其组成是由硝酸铵并辅以硝酸钠为氧化剂的饱和水溶液和分散于其中的固体颗粒的敏化剂经胶凝和交联而形成粘稠的凝胶体的浆状炸药，（含有水溶性胶凝剂的浆状炸药又称水胶炸药）。最初的浆状炸药是从梯恩梯和铝粉为敏化剂发展起来的，1969年杜邦公司生产了用甲胺硝酸盐（MMAN）水溶液为敏化剂的水胶炸药。此后，非炸药敏化的小直径雷管敏感的浆状炸药（水胶炸药）和低成本的含燃料油的气泡敏化的浆状炸药（水胶炸药）在许多国家相继问世。中国从1959年开始研制浆状炸药，60年代中期在矿山爆破作业中获得应用，70年代在胶凝剂和交联技术取得突破，相继有田菁10号、槐1号无梯浆状炸药等品种问世。20世纪70年代初出现了另一种含水炸药——乳化炸药（以乳化技术制备的油包水（W/O）乳胶型抗水炸药），它是以氧化剂（以硝酸铵为主辅以硝酸钠以及少量氯酸盐等）水溶液的微细液滴分散悬浮在含有敏化气泡的油类物质（石蜡、燃料油等）中形成的乳化体系做为爆炸性基质，再添加其他组分（如敏化剂、稳定剂等）混制成一种乳脂状或膏状炸药。乳化炸药具有抗水性能强，爆轰感度和爆炸性能好，原料来源广，制造工艺简单、生产、使用安全等一系列优点，因此，已成为当前工业炸药发展的重点。中国于70年代末80年代初研制生产了乳化炸药并成为重点发展的炸药。

矿用炸药的分类和品种 按其在矿山上适用范围和性能可分为露天炸药、岩石炸药和煤矿许用炸药三类。露天炸药为只适用于地面或露天矿爆破作业的炸药。主要指用于台阶深孔爆破的炸药，多为价廉，制造工艺简便的铵油炸药，浆状炸药和梯恩梯含量较少（3%～8%），作功能力稍低的硝铵炸药和铵沥蜡炸药，有包装型（药包或药袋）和用混装车灌装的散装药。岩石炸药广泛用于无煤尘，瓦斯爆炸危险的岩石爆破，多为包装型和具有雷管感度的炸药，其品种有铵梯炸药，浆状炸药、水胶炸药和乳化炸药，有抗水型和非抗水型，在金属矿山的深孔崩矿中有用装药器装填的散装药。煤矿许用炸药用于有煤尘、瓦斯爆炸危险的井下工作面或工作地点，主要为具有雷管感度的包装型炸药（药卷或药包）。在大量土石方工程的硐室爆破上多应用铵油炸药为主爆炸药。

矿用炸药的主要性能参量有炸药的热化学性能参量（氧平衡、爆容、爆热、爆温、爆炸压力）。爆炸性能参量（爆轰压力、殉爆、爆速、猛度、作功能力）和瓦斯、煤尘爆炸安全性参量。

氧平衡 炸药中含氧量与炸药中所含可燃元素完全氧化所需氧量之间的相差程度。炸药一般由碳、氢、氧、氮四种元素所组成，爆炸反应后有多余氧时称正氧平衡，不足时称负氧平衡，相等时称零氧平衡。氧平衡按下式计算：

$$\text{氧平衡}=\frac{\left[c-\left(2a+\frac{b}{2}\right)\right]\times 16}{M}$$

式中 a，b，c 分别代表一克分子炸药中碳、氢、氧的克原子量；16 为氧的克原子量；M 为炸药的克原子量。氧平衡是设计混合炸药配方，确定某种炸药使用范围和条件的重要依据，零氧平衡的炸药爆炸反应放热量最大，作功能力最大，负氧平衡炸药的爆炸物中含有 CO、H_2 及 C，正氧平衡炸药的爆炸物中会有 NO，NO_2，两种情况都不利于放出最大热量且是有毒气体，对瓦斯爆炸还起催化作用，故正、负氧平衡炸药不能用于具有瓦斯煤尘爆炸的矿井。

爆容 在规定条件下，单位质量炸药爆炸时生成的气体产物在标准状态下所占的体积又称“比容”。爆生气体产物是炸药爆炸放出热能借以作功的物质，因此，爆容量是与炸药作功能力有关的一个重要参数。爆容可实验测定也可用理论计算

给出炸药的爆炸反应式，就可以从理论上计算爆容。计算公式：

$$V_0=\frac{22.4\Sigma n_i}{M}\times 1000$$

式中 V_0 为炸药爆容，L/kg；M 为炸药的克分子量；n_i 为炸药爆炸生成气体产物的总克分子数；22.4 为一克分子气体在标准状态下的体积，L/mol。

实验测定爆容 用比海尔弹（Bichel Bomb）测定爆容。比海尔弹为一钢制厚壁圆筒形弹体，由弹筒和弹盖两大部件组成，用粗径螺栓加密封材料紧密连接为一体，形成一个密闭的耐高压定容空间。将插有一发电雷管的炸药（试样）悬吊在弹体中央。拧紧螺栓密闭、抽真空后起爆。测定压力和温度，经换算得出该试样的爆容。

爆热 在规定条件（定容或定压）下，单位质量炸药爆炸时释放的热量。爆热是炸药作功的能源，所以它不仅是评定炸药作功能力的直接标志量，而且还决定着炸药其它的参数和性质。确定炸药的爆热可以采用理论计算或实验测定，实验装置由量热弹和量热计构成，但由于爆炸过程的高速和高压，实测爆热是比较困难的，近年来研制了高强度的量热弹，但其实测结果也只能是实际的近似值，因此，一般主要采用理论计算方法。

理论计算爆热是根据盖斯定律，爆热计算值是炸药组分的生成热和爆炸产物生成热之差。只要知道炸药爆炸变化方程式、炸药的生成热及爆炸产物的生成热数值，就可计算出定压爆热，即：

$$Q_p=Q_2-Q_1$$

式中 Q_p 为炸药的定压爆热，kJ/mol；Q_1 为炸药的生成热，kJ/mol；Q_2 为爆炸产物生成热的总和，kJ/mol。

定容爆热（Q_v）按下式计算：

$$Q_v=Q_p+2.477n$$

式中 n 为 1 克分子炸药产生的气体爆炸产物的克分子数。

爆温 炸药爆炸瞬间释放出热量将爆炸产物加热到的最高温度。爆温是炸药一项重要爆轰参数，在起爆和传爆过程、爆轰理论及爆轰产物状态方程研究中都有重要意义；此外还有实际意义，如军用炸药要求有较高的爆温，而矿用炸药则要求严格控制爆温，以防止引起矿井中的瓦斯、煤尘爆炸。由于爆炸过程迅速，爆温高而且随时间变化极快，加上爆炸破坏，给爆温测定造成困难。用实验方法精确测定爆温没有完全解决，常采用理论计算爆温。

为了简化计算，假定爆炸过程近似定容过程，爆炸过程是绝热的，爆炸反应所释放出的全部热量都用来加热爆炸产物，爆炸产物的热容只是温度的函数，而与爆炸时所处的压力（或密度）状态无关。根据爆轰产物的平均热容计算爆温，由下式计算：

$$t=\frac{-a+\sqrt{a^2+4bQ_v}}{2b}$$

式中 t 为爆温，℃；Q_v 为爆热，kJ/mol；爆轰产物 a、b 值可以从有关手册中查到。

爆炸压力 炸药爆炸时生成的热气体所产生的压力。测定爆炸压力比较困难，只能靠流体力学或水下试验结果计算得近似值。

爆轰压力 炸药爆轰时爆轰波在化学反应区末端面的压力（强），爆轰压是炸药的一个重要爆轰参数，有理论计算法和实验测定法。

理论法计算爆轰压力 由于爆轰过程复杂，理论计算只能采用近似方法常用的有多方指数 $K=3$ 的计算法

$$P=\frac{1}{K+1}\rho_0 D^2$$

式中 P 为爆轰压，GPa；D 为爆速，km/s；ρ_0 为装药密度，g/cm³。

实验测定爆轰压力有多种方法，归纳起来有两类，即直接法和间接法。直接法（有黑度法，电磁法等）是直接从炸药爆轰区中取出有关爆轰压的信息（如爆轰波阵面密度变化，或质点流动速度），利用这些信息按一定的公式求出炸药的爆轰压，间接法（有水箱法，空气冲击波法等）是测量与炸药相接触的惰性材料，如水、二碘甲烷或空气中的冲击波初始参数，间接获得炸药爆轰压的有关信息，然后按公式计算出炸药的爆轰压力。

爆速 爆轰波在炸药中传播的速度。它既是炸药最重要的爆轰波参数，又是炸药的主要性能之一。在一定条件下，还是衡量单质炸药，爆破能力大小的指标。爆速的测定常用的有导爆索法和电测法。

导爆索法（道特里什法） 测定装置见图1。当炸药由雷管引爆后，爆轰波传至a点时，引爆了导爆索的一端，同时继续沿着药卷传播，当到达b点时，导爆索的另一端被引爆。在某一时刻，导爆索中沿两个方向传播的爆轰波相遇于d点，在铅板上记录爆轰波相遇时碰撞的痕迹。炸药的爆速按下式计算：

$$D=\frac{l}{2h}D_e$$

式中 D 为炸药卷a、b两点间的平均爆速，m/s；l 为 a，b 两点间的距离，mm；D_e 为导爆索爆速，m/s；h 为导爆索中点到爆轰波碰撞点d之间的距离，mm。

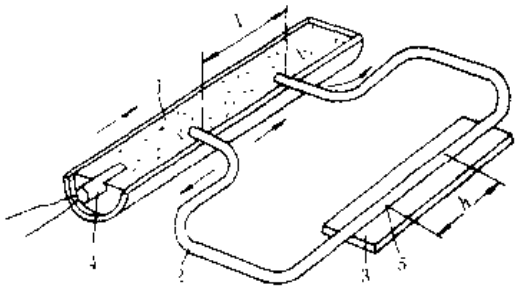


图1 道特里什法测爆速示意图

1—待测炸药卷；2—已知爆速的导爆索；3—铅板；4—雷管；5—导爆索中心

电测法（测时仪法） 测定装置见图2。将两个（或两个以上）传感元件按同一平面分别沿径向穿过试样（距离为 l），最靠近起爆端的传感元件测点位置距插入试样中的雷管底部不应小于试样直径的两倍；最靠近试样末端的测试位置离试样末端不应小于20mm。把传感元件与测时系统连接好。雷管起爆，炸药爆轰，传感元件在伴随着爆轰波阵面的高温、高压、电离和发光等效应的作用下感知爆轰波到达的信息，通过信号形成电路转变成电信号。电子测时仪测出两个信号间的时间差 t，即可求得在该试样段的平均爆速。计算式：

$$D=l/t$$

式中 D 为炸药爆速，m/s；t 为仪器测得的时间间隔，s；l 为测距，m；

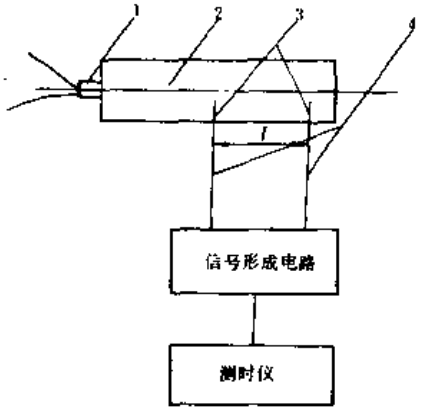


图2 电测法示意图

1—雷管；2—炸药试样；3—传感元件；4—信号传输线

爆轰 爆轰波在炸药中自行传播的现象。其反应区向未反应物质中推进速度大于未反应物质中的声速。爆轰波是伴有快速化学反应的冲击波（使介质状态参数突跃，并以超声速传播的压力波），当其传播时，未反应的炸药受到它的猛烈冲击作用被压缩升温，从而产生高速的化学反应。这个反应所放出的能量继续维持着爆轰波对下层炸药进行冲击压缩，使爆轰波就以一定的速度不衰减地传播下去。这表明爆轰传播时，炸药中有一个冲击压缩区和进行化学反应的爆轰反应区。冲击压缩区和紧跟着的化学反应区一起构成了爆轰波阵面，而将未爆轰的炸药和爆轰产物隔开。爆轰波阵面以一定的速度向前传播，这个传播速度就是爆速，由于炸药的冲击效果取决于爆速，故一般采用爆速来比较炸药的威力。

猛度 炸药爆轰时粉碎与其接触的局部固体介质的能力。主要决定于爆轰产物的压力及其作用时间。用爆轰产物的压力或冲量表示，一般地讲，对于单质炸药，威力（作功能力）大的猛度也大；对混合炸药，其威力虽较大但其猛度却并不高。在爆破作业中要正确选择炸药品种，才能达到理想的爆破效果。使用于硬岩爆破的炸药，必须是猛度大的，而对于中硬以下岩石或煤层则宜选猛度较小、作为能力较大的炸药。

猛度测量常用铅柱压缩法和猛度摆冲量法。中国

的矿用炸药用铅柱压缩法。试验装置（见图3）。钢底座放置在坚硬的混凝土基础上，依次放置铅柱、钢片、炸药试样，使系统在同一轴线上。用绳将装置系统固定在钢底座上。向炸药试样插入一发8号雷管，然后起爆，爆炸后，铅柱被压缩成蘑菇形，量出铅柱压缩前后的高度差（mm）即是该炸药的猛度。

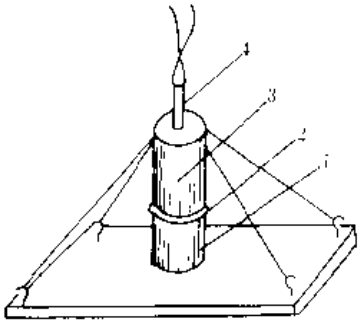


图3 铅柱压缩实验装置图

1—铅柱；2—钢板；3—炸药；4—雷管

炸药作功能力 又称“威力”，炸药爆炸产物对周围介质所作的总功。分单位质量作功能力和单位体积作功能力。测定作功能力的方法，中国矿用炸药采用铅铸法（见图4）。将装有10g炸药的炸药卷插入雷管，然后放入铅铸孔底。用石英砂填塞。爆炸后，圆孔扩大成梨形。测出爆炸前后圆孔的体积差（mL），即为该炸药的作功能力。

为便于比较，测试结果应作温度修正（温度15℃

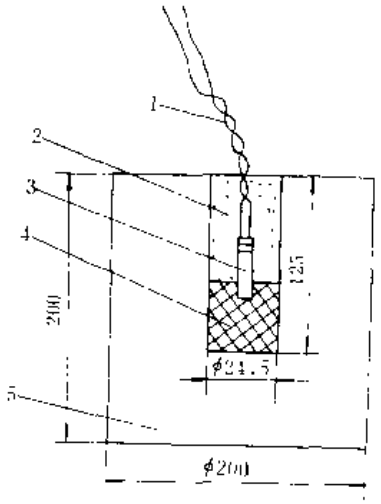


图4 铅铸法示意图

1—雷管线；2—石英砂；3—钢壳电雷管；4—炸药卷；5—铅铸

时修止量为零），还应减去雷管的扩孔量（事先做试验求出）。

殉爆 炸药（主爆药）爆轰时引起与其相隔一定距离的另一炸药（受爆药）爆轰的现象。主爆药与受爆药之间发生殉爆的概率为100%的最大距离称为殉爆距离。主爆药与受爆药之间发生殉爆的概率为0%的最小距离称殉爆安全距离。

引起殉爆的原因有三种：①冲击波引起，主爆药与受爆药之间有惰性介质存在（如空气、水、砂石、土壤、金属或金属板），主爆药爆轰时，冲击波经过惰性介质衰减，其压力等于或大于受爆药的临界起爆压力，就能使受爆药发生爆轰；②爆轰产物直接冲击引起，当主爆药与受爆药之间相距很近且无密实介质阻挡，主爆药的爆轰产物直接冲击引起受爆药殉爆；③爆轰时射出的金属碎片、飞石以很高的速度冲击受爆药并引起殉爆。在实际爆破过程中，这三种作用往往交织在一起。

殉爆距离既反映受爆药的冲击波感度（爆炸材料在外界能量作用下发生爆炸的难易程度），也反映主爆药的引爆能力，是目前矿用炸药生产中检验产品质量重要指标之一，也是设计炸药厂、炸药库、有爆炸危险工房安全距离的主要依据。不同炸药的殉爆距离采用不同的测定方法。

铵梯炸药殉爆距离测定方法 用压沟板将沙地压成半圆沟（直径与药卷直径相当），把被测药卷置于沟内，主爆药卷的捏头端插入一发8号雷管，插入深度为雷管长度的2/3，受爆药卷的平头端与主爆药的半圆穴相对应。药卷间不得有杂物阻挡。药卷间的距离H以药卷间最短距离计算（见图5）。调整H大小，以引起受爆药爆轰的最大距离为殉爆距离。根据放置受爆药卷的位置有无残药或是否产生凹坑判断是否殉爆。

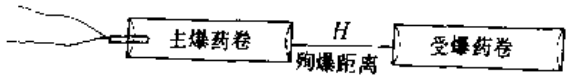


图5 殉爆距离测试示意图

乳化炸药殉爆距离测定方法 与铵梯炸药相同，只是切取的药卷长度不小于100mm，切口要平齐。

水胶炸药殉爆距离测定方法 在受试药卷顶部沿轴线扎一雷管插入孔，然后用刀片把药卷垂直切为两段，每段长度不小于100mm。取一新牛皮纸，宽度为药卷长度加50mm，长度为3d加20mm（d为药卷直径），在纸的长方作两条和中心线对称的平行线。平行线相距40mm。将两段受试药卷放在牛皮纸上，两切口相对称并分别与二平行线相切。把牛皮纸卷紧受试药

卷，用胶带或针固定，放在平地上，插入一发8号雷管。起爆后，观察放置受爆药卷的地方是否有凹坑判断是否殉爆。

瓦斯煤尘安全性　炸药爆炸后不会引燃瓦斯及煤尘的性能。一般认为爆破作业引起瓦斯、煤尘燃烧和爆炸，是由于炸药爆炸时形成的空气冲击波的绝热压缩，炽热的、燃烧着的固体颗粒或气态爆炸产物，以及二次火焰的直接加热这三种因素造成的。

根据瓦斯、煤尘引爆的根源，为保证安全对煤矿许用炸药提出的基本要求是：①炸药的爆炸能量受到一定的限制，因为炸药的爆炸能和它的爆温、爆热密切相关，爆炸能愈低，爆热爆温也愈低，冲击波的能量、爆炸产物的温度也愈低，可使瓦斯、煤尘的发火率降低。②炸药爆炸反应必须完全。③炸药的氧平衡接近于零。正氧平衡的炸药在爆炸时生成氧化氮和初生态氧容易引起瓦斯发火。而负氧平衡，炸药反应不完全，会使未反应完全的固体颗粒增多，也容易生成爆炸性瓦斯，引起二次火焰。④炸药中要加入消焰剂（能缩短炸药爆炸时产生的火焰长度及持续时间，降低炸药的爆温，并能对可燃气体或煤尘的氧化反应起负催化作用的物质。如食盐）起到降温、消焰、阻化作用，从根本上抑制瓦斯引火。⑤不许含有易于在空气中燃烧的物质或外来杂物，因为明火对瓦斯长期加热常常能够引燃瓦斯，因此，煤矿许用炸药中不许含有易燃的金属粉，也不许使用铝壳雷管起爆。

目前各国对煤矿许用炸药的瓦斯煤尘安全性主要是通过巷道试验方法检验，只是在巷道尺寸，臼炮型式，试验药量有所不同。中国的试验巷道规格为直径1.8m长20m，厚15mm的钢板构造，爆炸室的容积为12.7m³，臼炮部分是一个长1.2m外径500mm，中心有一个直径55mm深900mm的厚型钢炮。检验时按规定存量装于臼炮孔内（反向起爆）对准试验巷道封闭端的发射口，在试验巷道内距封闭端5m处用纸隔成爆炸室，其中充满浓度为8.9%的瓦斯气体，引爆试验炸药后观察是否引爆（燃）瓦斯。

中国规定的标准为：一级煤矿许用炸药试验药量80克，二级为100克，三级为200克，用发射臼炮试验四级煤矿许用炸药采用悬吊法，试验药量为200克连放5炮全不引爆瓦斯者为合格，如其中有一炮引爆，则加倍复试，10炮全不引爆仍属合格。

参考书目

煤矿火工技术丛书编写组，《矿用炸药》，煤炭工业出版社，1978。

汪旭光，《乳化炸药》，冶金工业出版社，1988。

炸药理论编写组，《炸药理论》，国防工业出版社，1982。

煤矿火工技术编写组，《炸药爆炸理论基础》，煤炭工业出版社，1977。

郑孟菊等，《炸药的性能及测试技术》，兵器工业出版社，1990。

（王树仁　梁煜祥）

zhanqiao

栈桥　(transporter trestlework)　又称输送机通（走）廊。在地面以上支承水平或倾斜运输设备的带形结构物。它分为带式输送机栈桥、刮板输送机栈桥、矿车栈桥和箕斗栈桥等。

栈桥设计　根据工艺要求可呈水平或倾斜两种布置形式。栈桥设计应满足生产工艺和使用的要求，保证设备正常运转和留有人员操作、检修和通行空间，在保证栈桥结构强度、刚度、稳定的条件下选择坚固耐久的建筑材料和经济、技术合理的结构形式。

带式输送机栈桥由廊身、支承结构及基础三部分组成。栈桥由支架划分成若干跨度、廊身有敞开式和封闭式两种。封闭式栈桥应用广泛，廊身有顶板、底板和围护墙体。箕斗、矿车栈桥常为敞开式，带式输送机栈桥敞开式、封闭式均有。钢跨孔结构多用桁架式，钢筋混凝土跨孔结构多用梁式及上承式和下承式桁架、壁板式桁架和箱形结构。当低端支架高度≥20m、斜跨度≥24m或有特殊需要时，可采用钢结构。支承结构高度≤10m时可采用砌体结构，大于10m可采用钢筋混凝土结构，支架很高时可采用钢结构。

栈桥建筑要求　①栈桥为水平和倾斜角度小于5°时，人行道可不设防滑措施，5°~8°做锯齿形防滑条，8°以上做踏步。②栈桥倾斜角小于8°时，屋面做成单坡或双坡屋顶，大于8°时，屋面可做成平顶，每隔10~15m设分水条一道。③根据通风采光要求需设侧窗，采光面积（窗）一般为底板面积的1/8~1/10，间距4~6m，两侧交错布置。④屋盖和底板应设保温层。⑤栈桥、地道内由操作点到安全出口距离以不超过75m为宜。

地震区栈桥结构、布置、抗震计算及构造措施应满足《构筑物抗震设计规范》。

（范宝华）

zhendong chenjingfa

震动沉井法　(caisson sinking method under forced vibration)　借震动力使沉井周围土壤液化以减少下沉阻力的沉井法。沉井在地面分节预制，带刃脚的一节先放于锁口中，另一节放在其上并用法兰盘螺栓联接，法兰盘内、外径全周施焊，以防水和承受

震动力。接长一定高度安装联结帽（又称“桩帽”），其上安装震动机。震动机启动后带动沉井整体震动，使井壁周围土层产生液化现象，减小单位面积的侧面阻力使沉井下沉。下沉至一定深度停止震动，进行出土和继续接长沉井。

1958年中国开发淮北煤田时徐州基本建设局将长江大桥工程局“震动管柱”的技术和设备引进到矿井建设中，在烈山矿风井首创震动沉井法。之后在淮北矿区张大庄矿、朱庄矿等井筒中应用。施工时一般使用两台震动机，每台最大震动力160t、频率1010次/min，最大下沉深度（沉井外径3.1m、壁厚0.15m）曾达41.27m。震动沉井法施工速度快、工序简单，但只适用于直径较小、深度较浅的井筒。

（崔广心）

zhenggui xunhuan zuoye

正规循环作业 （regular cycle operation）在循环图表规定的时间内，按规定的顺序、工作量周而复始地完成井巷施工各个工序并取得预期的进度。

是否实现正规循环作业一般以正规循环率高低来衡量。正规循环率为全月实际完成的掘进循环数与计划的循环数的百分比。正规循环率越高，则正规循环作业的次数越多，表明施工越正常，速度越快。

循环作业要按照循环图表进行。循环图表的编制依据和原则：(1) 根据工程条件选定施工方法；(2) 根据月进度要求、施工技术装备、劳动组织和工人技术水平等，合理选择循环数目、循环时间等参数；(3) 根据作业方式，最大限度地实行多工序平行交叉作业，充分利用工时以取得最高的循环进度；(4) 以定额为基础，尽可能提高工效，确保达到各规定的技术经济指标。依据以上原则编制的循环图表，还要通过实践不断修改和完善，才能真正起到指导施工的作用。

为了实现正规循环作业，必须认真执行循环图表，加强设备维修和辅助工序的协调配合，加强施工组织管理，健全各工种的岗位责任制。

实现正规循环作业是全面、有计划、均衡地完成井巷施工任务的保证，是提高掘进效率的一项重要措施，也是改进企业管理、降低成本的重要环节。

（华泽我 张和林）

zhijiangdian

止浆垫 （grout cover，grouting pad） 立井工作面预注浆时，预先在含水层上方砌筑的、能够承受最大注浆压力并防止向掘进工作面漏浆的混凝土构筑物。在巷道（硐室）工作面预注浆时，有时也需砌筑此类构筑物，称为止浆墙。

混凝土止浆垫常用的有单级平底型和单级球面型两种（图1、图2）。

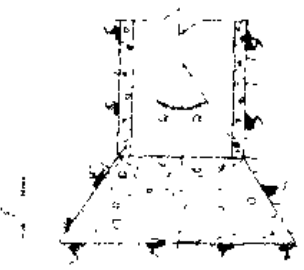


图1 单级平底型止浆垫

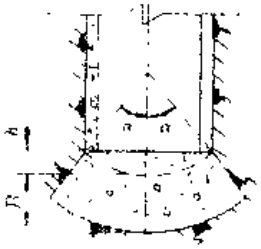


图2 单级球面型止浆垫

止浆垫的厚度是根据最大注浆压力和混凝土的许用抗压强度确定的。

球面型止浆垫是假设注浆压力均匀作用在止浆垫的球面上其厚度按E·Π卡尔梅柯夫公式计算：

$$B=\frac{P_0\ (r^2+h^2)^2}{4r^2h\ [\sigma]}$$

式中B为球面止浆垫厚度，m；P_0为最大注浆压力，MPa；r为井筒的掘进半径，m；h为球面矢度，m；$[\sigma]$为混凝土的允许抗压强度，一般用试件7天的极限强度除以安全系数K（2～3）来确定，MPa。

一般计算中取$h=0.3r$，则

$$B=\frac{P_0r}{[\sigma]}$$

止浆垫边界面与垂直面的倾角α一般为30°～33°）计算公式为：

$$\alpha=\sin^{-1}\frac{2hr}{r^2+h^2}$$

止浆垫的球面曲率半径R（m）的计算公式为

$$R=\frac{r^2+h^2}{2h}$$

平底型止浆垫的厚度B_n仍以球面型止浆垫为基础，它要比球面止浆垫增加内球面矢度h值，计算公式为：

$$B_n=\frac{P_0r}{[\sigma]}+0.3r$$

平底型止浆垫施工分为普通现浇混凝土和水下混凝土施工。

现浇混凝土止浆垫施工前要用堵水、截水、导水等方法处理井壁淋水，清底成型，用碎砖或毛片石铺设滤水层，中间布置集水花管，管上端焊有法兰盘或车有丝

扣，管径略大于抽水泵吸水笼头直径，在碎砖和毛片石上设一层砖和油毡。然后在油毡上浇筑混凝土，混凝土中掺加适量速凝剂，由集水管及时排除井底积水，止浆垫浇筑结束后 8～10h，停止排水淹井养护 7～10d。最后装好集水管法兰或上好管帽，止浆垫竣工。

水下止浆垫施工常用的有水下混凝土浇筑法和抛渣注浆法两种。水下混凝土浇筑法是在井内安设混凝土输送管，管口距井底工作面 200～250mm，上端固定在井口；管内用细绳系一比管径小 10～15mm 的木球，管口漏斗充满混凝土，砍断细绳，混凝土沿输送管溜至工作面进行浇筑。用测锤及时测量井底工作面各处混凝土的高度，随浇灌不断上提混凝土输送管，达到设计厚度后，停止浇筑，提出导管养护。抛渣注浆法是在井内对称布置 2～3 根注浆管，管口距井底工作面 100～200mm。然后，向井内均匀抛入碎石，并向碎石层注入水泥浆，充满碎石层固结而成。

止浆墙　在斜井或平巷中需要注浆的地段，预选构筑的能够承受最大注浆压力并防止向工作面漏浆、跑浆的混凝土构筑物。

止浆墙结构示意如图 3。施工时，宜在围岩中开凿沟槽，以使止浆墙生根，并起支撑作用。当注浆压力较高时，围岩可用锚杆金属网加固。工作面有涌水时，要砌筑滤水层并注入水泥—水玻璃双液浆，注浆时，孔口管应安装阀门并全部打开，见浓浆后逐个关闭。砌筑养护后，检查止浆效果，达到要求后，转入含水层的钻眼注浆工作。

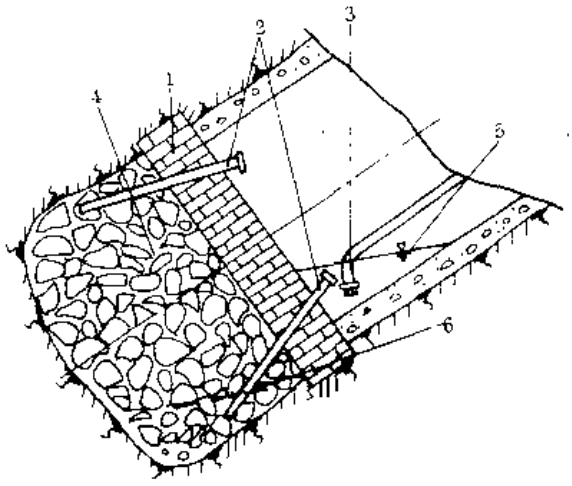


图 3　（斜井）止浆墙示意图

1—止浆墙；2—孔口管；3—排水泵吸水笼头；4—滤水层；5—止浆垫施工后排水面；6—止浆墙施工前排水面

（杨春来）

zhihuan zhujiang

置换注浆　(grouting of substitution)　在注浆之前(或注浆过程中)排出受注地层中细质泥屑而以浆液结石填补其空间的一种注浆工艺。

置换注浆要先在同层中钻出群孔（如 2—4 个）并装好孔口管设施，当其中一孔注入冲孔清水时，其它各孔均可有控制地放出被挤出的水和泥屑，待各管均出清水后，关闭放水孔，注水孔改注注浆浆液直至达到设计压力，停止注浆并养护后，再注水检查单放水孔的充塞效果，以确定其是否仍需冲孔和注浆。这种作业方法较适用于对夹有细质泥砂充填物的断层破碎带的注浆施工，而对含有较多泥质物质的砂(或砂砾)层注浆时，亦可用水泥浆直接进行冲孔置换，直至各原放水孔冒出水泥浆时再封口。

这种施工方法用于注浆段比较短，而且可以用岩帽或上覆隔水粘土层代替人工止水垫的条件，工艺比较简单，造价也较低，但置换结石物的强度和密实性均需做细致的复查。

（崔增骥　徐文达）

zhufujing jiaoti zhuangbei

主、副井交替装备　(main and auxiliary shaft alternative installation)　主、副井到底井贯通后，两个井筒的永久装备工程交替进行的工作安排方式。其目的是保证井下连续工作。

副井永久提升装备安装后，将由罐笼担负施工期间的主要提升任务，而主井因永久装备系箕斗提升，施工期间难以利用。因此，主、副井交替装备的一般施工顺序为主井临时改绞→副井永久装备安装→主井永久装备安装。

井筒装备主要包括罐梁、罐道、梯子间、管线、井塔(或钢井架)、绞车操车及装卸载设备安装等工程，辅助工序有淋水处理、拆除或改装井架及井内悬吊设施、井塔滑模组装等，施工技术复杂，优化单井各单位工程和工序之间以及主、副井之间的平行交叉施工以缩短建井工期，是矿井施工组织设计的重要组成部分。

20 世纪 60 年代以前，主、副井提升系统大多为缠绕式绞车和钢井架，井筒装备施工占井口工期短。70 年代以来，因井塔、多绳摩擦轮绞车或落地式绞车、钢井架的广泛应用，因其结构复杂，井筒装备施工期长（一般为三年以上），甚至矿井主、副井交替装备工期已长于井巷关键线路工期，而成为控制矿井建设工期的关键工程，为此，必须优化施工顺序和施工方案以缩短工期。

单井筒装备施工方案 单井筒的装备方式是主、副井交替装备的基础，按选用永久井架和凿井井架的不同，中国曾采用了七种不同的施工方案。

(1)井筒安装与井塔建筑安装顺序施工方案。首先完成井筒罐道梁、梯子间等工程，然后拆除凿井井架进行井塔建筑施工，这种方式工序单一，便于组织施工，安全较好，费用较低，但工期长。

(2)井筒安装与井塔建筑安装平行施工方案。井筒安装前拆除凿井井架、施工井塔，当完成井塔主体后即封闭上平台提升口，在下平台安设临时提升天轮，然后用原有凿井提升设备安装罐道梁等。与此同时，井塔上部即平行交叉进行绞车安装。与顺序施工相比，技术组织工作比较复杂，必须采取严密的封闭等安全措施。

(3)井外预建井塔整体平移方案。在利用凿井井架凿井的同时在井口外预建井塔，并一次安装永久绞车，当井筒罐道梁安装完成后，即拆除凿井井架、施工井塔基础和锁口，随后将井塔平移至井塔基础上，经调整找平，井悬吊提升容器后，即可投入试运转。本方案技术组织工作比较复杂，需提前使用井塔投资，并增加平移费用，因而只有在主、副井交替装备工期长于井巷关键线路工期且又无法利用永久井塔凿井同时，方考虑选用。

(4)利用永久井塔凿井方案。在矿井施工准备阶段完成井塔建筑，并利用其平台作为天轮台采用凿井提升机提升。在井筒施工时，井塔上部即平行安装永久提升机，因而井筒装备工期最短，但需提前使用井塔投资。

(5)井口就地组装钢井架施工方案。采用凿井井架凿井时，当井筒罐道梁安装完成后，拆除凿井井架井就地组装永久井架，约需占井口工期1个月。

(6)井口外预组装钢井架整体平移方案。在凿井同时，永久钢井架在井口外预先组装完毕，待拆除凿井井架后，将井架平移至井口就位，占井口的工期只需1.5个月，由于钢井架平移技术比较简单，增加费用不多，有条件的矿井宜优先选用。

(7)利用永久井架凿井方案。该方案需对永久井架的设计进行较大的修改，以适应凿井设备悬吊的需要，增加的钢材及费用均较大，但施工期短。中国陈四楼、济宁二号、济宁三号等矿井井筒均已应用该方案，永久提升机安装可与井筒装备安装平行施工。

主、副井交替装备组合施工方案 主、副井交替装备亦可因具体条件的差异而形成1种不同的组合方案。

(1)当矿井工业广场内有主、副、风三个井筒，而风井临时改绞后又能满足过渡阶段提升的全部需要时，可将主、副井同时装备列为首选方案，且一般采用井筒安装与井塔建筑安装平行施工。

(2)当副井表土段不厚，又非冻结施工时，则宜优先考虑副井利用永久井塔凿井，主井采用平行交叉施工方案，工期约为25个月。

(3)当副井为落地式绞车和钢井架时，一般应考虑永久井架井外预组装整体平移、主井平行交叉施工方案，工期约为27.5个月。当工期紧张，而设计改为两用井架所增加的费用又不太大时，亦可考虑副井利用永久井架凿井、主井平行交叉施工方案，工期约为25.5个月。

(4)只有在主、副井交替装备工期长于井巷关键线路工期时，始考虑井塔井外预建整体平移的方案。

(蒋学乐 崔增祁)

zhujing

主井 (main shaft) 主要用于提运矿产的井筒。主井上接工业场地、下接井底矿产装载或运输系统。

主井包括主斜井、主立井，由于功能相同，也泛指主平硐。而习惯上也常将主立井直称主井。主井位置一般选在接近井田储量中心，地质条件简单的地段，使井底车场和主要硐室处在坚硬岩层中，使井下运输、通风、开采经济合理。

主平硐 直通地面运输煤炭或矿产的水平通道。有电机车牵引矿车运输方式，也有带式输送机运输方式。

主斜井 直通地面提升煤炭或矿产的倾斜通道。有串车斜井，箕斗斜井，带式输送机斜井。

主立井 直通地面用于提升煤炭或矿产的垂直通道。主立井多数为箕斗提升，特别是大型深井，采用大吨位箕斗、高速度提升。小型矿井亦可采用罐笼提升矿车运煤。

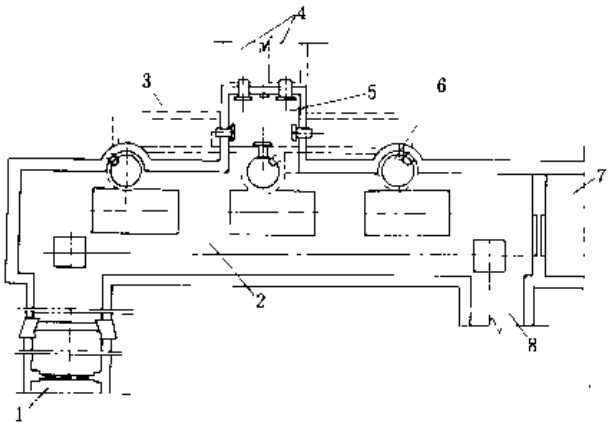
(张之浚)

zhupaishuibeng dongshi

主排水泵硐室 (main pumping room) 又称中央水泵房。通常设置在井底车场内，为全矿井服务，装有三排水设备的硐室。它由泵房、吸水井及通道等构成，见下页图。

主排水泵硐室一般与井下主变电硐室联合布置，其位置要靠近敷设排水管路的井筒和井底车场运输巷道，与主变电硐室间设隔墙和向泵房开启的防火门或防火栅栏两用门。

卧式离心泵排水泵房 按吸水方式有吸入式排水



主排水泵硐室的布置（吸入式排水泵）
1—通道；2—泵房；3—配水巷；
4—水仓；5—配水井；6—吸水井；
7—主要泵硐室；8—管子道

泵房和压入式排水泵房两种：①压入式排水泵房标高低于水仓和大巷，水泵利用水仓自然水头进水，水泵效率较高，但泵房低施工不便、硐室通风条件稍差、设备运输不便，积水需另设安全水仓由小水泵排除，故辅助巷道工程量较吸入式排水泵房大，只有吸入性能不能满足吸入式排水要求或水泵吸程较低，不能适应水仓布置时，方采用压入式排水泵房；②吸入式排水泵房，中国应用最广。水泵一般沿泵房纵向单排布置，当水泵台数多、围岩稳定、车场布置条件适宜时亦可双排布置。

硐室内水泵设备基础、电气设备、起吊设备及排水管路的布置、预埋件及预留孔洞、沟道按机电专业设计确定，硐室尺寸要便于设备安装、检修、操作和运输。水文地质条件复杂的矿井，泵房布置要预留增设水泵的备用位置。泵房内一般每台水泵设置一个吸水井，吸水井（与水仓相通，为供水泵吸水的小井）设在泵房外侧，利用水泵基础与泵房墙壁间的空间布置，以减少泵房宽度和吸水井壁龛深度。中央吸水井外侧设配水井，用阀门通水仓，并与配水巷相连。配水巷（为连接各吸水井的巷道）靠吸水井外侧，用阀门向吸水井配水。泵房地面用混凝土铺底，设固定轨道，地面标高要高出其通道与井底车场连接部的底板 0.5m 以上，地面及电缆沟以一定坡度倾向吸水井，以排除积水，泵房要保持良好通风，温度不得超过 30℃，泵房与井底车场连接的通道要铺设轨道，并设置向外开启的防水兼防火的密闭门，门内设铁栅栏门。硐室一般为三心拱或半圆拱，用料石或混凝土砌碹，围岩稳定，亦可用锚喷支护。围岩有淋水或滴水时，支护设计要有防水措施。配水井、吸水井断面常用方形，混凝土浇筑。配水井一般为半圆拱、混凝土砌碹。泵房通道的断面要满足泵房内最大件设备运输及安装防水、防火密闭门的要求，门外 5m 应砌碹或用其他不燃性材料支护。

潜水泵排水泵房　常靠近敷设排水管路的井筒附近布置，主要有泵体起吊和下放入水的泵井及通道组成。井下潜水泵不受淹没的威胁，易于实现自动控制，有利于排水抢救工作，系统和结构简单、维修量小，可靠性和安全性能较高。但泵井高度和深度大，一般多台水泵共用一个泵井、断面大、施工困难，起吊安装维修不便。泵井的断面、高度和深度及附属设施按机电设备布置确定，泵井为圆形断面，井壁用混凝土浇筑。中国使用潜水泵作为矿井排水的为数不多，但常用于矿井发生水患后，利用井筒作泵井，实行排水抢救恢复工作。

参考书目

《煤矿矿井采煤设计手册》，煤炭工业出版社，1984

（孙思棠　袁孔华）

zhumeicang

贮煤仓　(storage bunker)　又称筒仓。用于短期贮存待运煤炭的容器类的构筑物。

贮煤仓类型　①按贮料压力计算不同分为浅仓和深仓。当贮料的计算高度与煤仓的内径（圆筒仓）或短边（方仓及矩形仓）之比大于或等于 1.5 时为深仓，小于 1.5 时为浅仓；对矩形浅仓，无仓壁者为漏斗仓，仓壁高度与仓短边之比小于 0.5 时为低壁浅仓，大于或等于 0.5 时为高壁浅仓。②按建筑材料不同分为钢煤仓、木煤仓、钢筋混凝土煤仓和混合结构（钢及钢筋混凝土、钢筋混凝土及砌体）煤仓。其中钢筋混凝土煤仓使用最广泛。③以断面型式不同分为圆筒形煤仓、方形（矩形）煤仓和槽形煤仓。圆筒仓多做成深仓，方形（矩形）仓多为浅仓。④按仓底部受力特点分为刚性煤仓和柔性煤仓，柔性煤仓底部呈曲线，荷载装满后只产生拉力，它适用于钢或木制煤仓。⑤按煤仓贮存物料不同分为煤仓和矸石仓。⑥按煤仓使用功能分为装车煤仓、原煤仓、产品仓、转载仓、给料和接受仓（缓冲仓）、脱水仓、贮煤筒仓等。

贮煤仓设计要求　①使存煤易于连续全部自行卸出。浅仓应使斜壁的坡度大于贮煤的自然休止角，两斜壁相交棱角的坡度不积存煤；圆筒仓除用防堵设备（包括破煤拱器、空气炮等）外，斜壁可设计成易卸煤的双曲线漏斗。②内仓壁不因煤炭装载和外卸流动而磨损破坏。内仓壁常用的衬壁材料有铁屑混凝土、铸铁板、废钢轨和铸石板等，衬壁材料应能更换和修补。③煤仓

结构型式和所用建筑材料应通过技术、经济比较选优。考虑的因素有煤和其他贮料的品种、特征（包括重度、粒度、硬度、内摩擦角、温度、湿度等）、矿井和选煤厂的服务年限、工艺布置及容量、装卸方式、仓上设备、当地材料供应、施工技术水平、矿井及选煤厂场地的气象和工程地质条件、地形和地震烈度等。

贮煤仓的布置 ①群仓宜选用单排布置或多排行列式布置。②筒仓的平面形状宜选用圆形。圆形群仓宜用仓壁和筒壁外圆相切连接方式。直径大于或等于18m的圆形筒仓宜采用独立布置。③当圆形筒仓直径小于或等于12m时，宜采用2m的倍数；大于12m时，宜采用3m的倍数。④仓壁和筒壁外圆相切的圆形群仓，总长度超过50m或柱子支承的矩形群仓总长度超过36m时，应设伸缩缝。⑤筒仓与毗邻的建筑物、构筑物之间或群仓地基上的压缩性有显著差异时，应有防止不均匀沉降的措施。⑥跨铁路布置的筒仓，除岩石、碎石上；老粘性土地基外，应考虑地基下沉对铁路建筑限界的影响。⑦筒仓附近不宜设置堆料场，必须设置时，应考虑堆料对筒仓结构及地基的不利影响。⑧大直径圆形筒仓仓顶不宜设置有筛分设备的厂房。

筒仓结构选型 贮煤仓结构由仓上建筑物、仓顶、仓壁、仓底、仓下支承结构（筒壁或柱）及基础组成。仓上设有筛分设备的厂房时，其楼面、屋面结构宜支承在与仓壁等厚的钢筋混凝土圆形壁上；当采用钢筋混凝土框架结构厂房时，框架柱应直接支承于仓壁顶部的环梁上，并在柱脚处（即环梁上）设纵横连系梁。仓上建筑物可用砌体墙、钢筋混凝土屋盖或筒壁伸至屋顶。在地震区宜选用钢筋混凝土框架结构、钢结构；圆筒仓仓顶可采用钢筋混凝土梁板结构，当直径等于或大于15m时，也可采用正截锥壳、正截球壳等结构，近年来也有采用开口穹顶组合网壳的。仓壁、筒壁及角锥形漏斗仓壁宜选用等厚截面，当直径等于或小于15m时，仓壁厚度为：

$$t = d_n/100+100$$

式中 t 为仓壁厚度，mm；d_n 为圆筒仓内径，mm。

矩形筒仓仓壁厚度可采用短边跨度的1/20～1/30。角锥形漏斗壁厚度可采用短边跨度的1/20～1/30。仓底型式分为：①锥形漏斗式，一般适用于筒仓直径小于等于10m的圆筒仓；②梁板式，包括平梁板、斜壁填料或梁板带局部漏斗、局部斜壁填料，大直径多斗口筒仓可在仓下设置内柱，因其布置灵活，施工简单，应用较广；③正倒锥壳仓底结构，亦称“W”型，经济指标较好，在大直径多斗口筒仓中使用可加设内柱；仓下支承结构可选用柱支承、筒壁支承、筒壁和内柱共同支承等形式，仓壁和仓底有整体连接和非整体连接两种，整体连接整体性好，但施工不便，往往需要采取措施以保证仓壁和仓底连接的整体性，非整体连接仓壁和仓底分离，仓底通过边梁（或环梁）支承在筒壁扶壁柱上，因便于滑模施工，近年来逐渐推广。

筒仓基础应根据工程地质条件、上部建筑的结构型式和荷载大小进行选型。筒仓基础有环形基础，独立基础，板式基础，球壳基础，箱形基础，加肋梁筏板式基础，桩基础等。

筒仓设计应遵守《钢筋混凝土筒仓设计规范》的有关规定。

筒仓荷载 筒仓荷载有：恒载（结构自重、设备自重等）、活荷载（贮料荷载、楼面活荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载以及筒仓外部的堆料荷载等）和地震荷载。计算筒仓的水平地震荷载及其自振周期时，取贮料总重的80%作为有效重，重心取贮料总重的重心。计算仓下支承结构和基础时，根据使用中可能同时作用的荷载进行组合，并取最不利者进行设计。各种荷载的取值为：①恒载与活荷载取全值；②地震荷载与下列荷载组合时，恒载取全值、贮料荷载取贮料总重的90%、雪荷载取50%、风荷载不计。

贮料压力 贮料压力有深仓贮料压力和浅仓贮料压力之别。

深仓贮料压力 深仓贮料压力是指在贮料顶面（或贮料锥体重心）以下距离 S 处贮料作用于仓壁单位面积上的水平压力的标准值 P_h（kPa）为：

$$P_h = C_h \frac{\gamma\rho}{\mu}(1-e^{-\mu k s/\rho}) \qquad (2)$$

式中 C_h 为深仓贮料水平压力修正系数；γ 为贮料的重力密度，kN/m³；ρ 为筒仓水平净截面的水力半径，m，对于圆筒仓 $\rho=d_n/4$（d_n=圆筒仓内径），对于矩形筒仓 $\rho=a_n\times b_n/2(a_n+b_n)$，（$a_n$、$b_n$ 分别是矩形筒仓长边和短边内侧尺寸，m），对于星仓 $\rho=\sqrt{A}/4$（A 为星仓的净面积）；μ 为贮料与仓壁的摩擦系数；e 为自然对数的底；k 为侧压力系数，$k=\mathrm{tg}^2(45°-\phi/2)$（$\phi$ 为贮料的内摩擦角，度）；S 为贮料顶面或（贮料锥形体重中心）至所计算截面处的距离，m。

贮料作用于仓底或漏斗顶面处单位面积上的竖向压力的标准值 P_v（kPa）为：

$$P_v = C_v \frac{\gamma\rho}{\mu k}(1-e^{-\mu k h_n/\rho}) \qquad (3)$$

式中 C_v 为深仓贮料竖向压力的修正系数；h_n 为贮料的计算高度，（上端与 S 的计算方法相同，下端如为漏斗时取漏斗顶面；仓底为平板无填料时取仓底顶面，仓底为填料做成的漏斗时取至填料表面与仓壁内表面交线的最低点处），m。

当式（3）计算的值 $P_v>\gamma h_n$ 时应取 γh_n。

当仓底设有偏心卸料口或仓底设多个卸料口会引起偏心卸料时，应考虑偏心卸料的不利影响。

距离 S 处计算截面以上仓壁单位周长上的总竖向摩擦力的标准值 P_f（kN/m）为：

$$P_f=\left[\gamma S-\frac{\gamma\rho}{\mu K}(1-e^{-\mu K\frac{S}{\rho}})\right]\rho \qquad (4)$$

深仓贮料压力修正系数：对于仓壁，C_h 在仓壁 h_n 的上部 1/3 段，由 1 到 2（用内插法），在下部 2/3 段，均为 2。当 $h_n/d_n>3$ 时，C_h 值应乘以系数 1.1，对于流动性能较差的散料，C_h 值可乘以系数 0.9。对于仓底，C_h 值，混凝土漏斗为 1.4；钢漏斗为 2.0；平板仓底为 1.4，当漏斗填料最大厚度大于 1.5m 的筒仓可取为 1.0。

浅仓贮料压力　贮料顶面（或贮料锥形重心）以下距离 S 处作用于仓壁单位面积上的水平压力的标准值 P_h（kPa）为 $P_h=K\gamma s$，圆筒仓贮料计算高度（h_n）大于或等于 15m，且直径 d_n 大于或等于 12m 时，还应按深仓公式计算贮料压力，取两者结果的最大值；距离 S 处作用于仓壁单位面积上的竖向压力的标准值 P_v（kPa）为 $P_v=\gamma s$，由火车、汽车等将贮料瞬间直接装入浅仓时，应考虑冲击荷载的影响；作用于漏斗壁单位面积上的法向压力的标准值 P_n（kPa）为 $P_n=\xi P_v$（$\xi=\cos^2\alpha+k\sin^2\alpha$，$\alpha$ 为漏斗壁与水平面的夹角，度）

计算作用于漏斗壁单位面积上的法向压力时，贮料作用于仓底或漏斗顶面处单位面积上竖向压力的标准值 P_v（kPa），对于深仓，在漏斗高度范围内均取漏斗顶面之值：对于浅仓，在漏斗顶面 $P_v=\gamma h_n$，在漏斗底面 $P_v=\gamma(h_r+h_h)$（h_h 为漏斗高度，m）。

贮煤仓结构计算　筒仓结构应进行下列计算和验算：①所有结构构件均应进行强度计算，对薄壁结构构件应包括水平、竖向和其他各控制截面的强度计算；②控制变形值的结构构件应进行变形验算，只有在满足仓壁最小厚度要求时可不验算；③仓壁、仓底裂缝宽度验算；④基底边缘处地基最小压力宜大于零，否则应验算筒仓的整体抗倾复稳定；⑤地震区的筒仓应进行抗震验算。

仓体结构计算　圆筒仓仓体应按下列规定计算：①仓壁相连的圆筒仓，可按单仓计算；②圆筒仓各壳体结构均应计算其薄膜内力；③柱子支承的圆筒仓仓壁，尚应计算其在竖向荷载作用下产生的内力；④圆锥形漏斗与仓壁非整体连接，且漏斗顶部的环梁支承在壁柱或内柱上时，可忽略斗壁与环梁的共同受力作用，环梁可按曲梁计算轴向力、剪力、弯矩和扭矩。

矩形筒仓仓壁及角锥形漏斗壁按平面构件计算。

高壁浅仓，矩形深仓仓壁计算：①水平拉力，仓壁单位面积上水平压力的标准值既已求得，就可得出任一高度上的水平拉力值；②竖向力，对于浅仓包括全部贮料重、漏斗壁自重及排卸料设备重；深仓包括仓壁底部平面贮料竖向压力，该平面以下的贮料重、漏斗壁自重及排卸料设备重；③平面内弯曲计算，高壁浅仓和矩形深仓仓壁可按平面深梁计算，略去漏斗壁的共同工作；④平面外弯曲计算，矩形浅仓仓壁平面外弯曲可分周边不同支承的矩形计算，矩形深仓平面外弯曲可分段按平面框架计算。

低壁浅仓仓壁计算：①水平拉力，低壁浅仓仓壁底部的水平拉力值，可由仓壁单位面积上的水平压力值求得；②竖向力，低壁浅仓仓壁底部单位宽度上的竖向力与高壁浅仓相同；③平面内弯曲计算，取仓壁与竖向投影为 0.4 倍跨度的漏斗壁一起按普通梁计算；④平面外弯曲按单向板计算。

漏斗壁计算：①水平拉力，计算某一深度处斜向单位高度上的斜向力，也可计算出柱子支承矩形仓漏斗壁交角顶部骨架钢筋所承受的斜向拉力值；②平面内弯曲计算，角锥形可按材料力学公式计算，漏斗壁的计算高度可取其跨度的 1/2，当漏斗壁的高度小于跨度 1/2 时，则取实际高度，而深度下部应力值向三角形尖顶按直线递增为零；③平面外弯曲按周边支承板计算，相邻壁交接处的不平衡弯矩可按平均分配的方法进行调整。

仓下支承结构计算　①仓下支承结构采用筒壁或带壁柱的筒壁时，应验算水平截面强度。②筒壁设有宽度大于 1m 的洞口时，洞口上下方的筒壁或洞口上方的仓壁应计算竖向荷载作用下的内力。③当洞口间筒壁宽度小于或等于 5 倍壁厚时，应按柱子进行计算，计算长度取洞口高的 1.25 倍。④柱子支承的筒仓，应考虑基础不均匀沉降引起仓体倾斜对支承结构所产生的附加内力。

基础计算　①浅仓可不计散料的冲击影响。②整体相连的群仓基础，应考虑空仓与满仓的不利组合。③基底边缘处地基最小压力宜大于零。④筒仓基础的倾斜不宜超过 0.004，平均沉降量不宜超过 400mm。

主要构造要求　①筒仓仓体结构混凝土强度等级不宜低于 C20，受力钢筋的混凝土保护层不应小于 20mm。②圆筒仓仓壁厚度不宜小于 150mm，滑模施工不小于 160mm。③仓壁和筒壁水平钢筋直径不宜小于 8mm，也不宜大于 20mm，钢筋间距不应大于 200mm，不应小于 70mm。④仓壁和筒壁水平钢筋总的最小配筋百分率：仓壁水平钢筋总数和最小配筋百分率应为 0.3%；筒壁水平钢筋总的最小百分率为 0.25%。仓壁

或筒壁竖向钢筋总的最小配筋百分率：对于外壁在仓底以上1/6仓壁高度范围内应为0.4%，其上为0.3%；群仓的内仓仓壁应为0.2%，筒壁应为0.4%，水平与竖向钢筋接头宜采用焊接；③圆锥形漏斗的环向与径向钢筋、角锥形漏斗的水平或斜向钢筋总的最小配筋率，均不应小于0.3%，仓下支承柱的纵向钢筋总的配筋百分率不应大于2%。④筒仓仓壁和筒壁开设洞口时，应在洞口四周配置附加钢筋，漏斗壁厚度不宜小于120mm。⑦仓体内表面应根据贮料重度、粒径、硬度、落料高度、进出料方式及对漏斗壁光滑度等要求，设置相应的耐磨、助滑与防冲击层，常用的内衬材料有金属面层、块料面层、钢轨面层、加厚保护层等。

地震作用与效应组合 筒仓为丙类建筑，应按本地区设防烈度采取抗震措施。当筒仓计算地震作用时，结构两个主轴方向应分别计算水平地震力。对水平地震作用，筒壁支承圆筒仓简化为多质点体系按反应谱法计算；柱支承筒仓简化为单质点体系按基底剪力法计算。

（范宝华）

zhujiang cailiao

注浆材料 （grout material） 又称注浆浆液。可配制成溶液或具有一定稳定性的悬浊液，并在一定条件下能凝结成固体的物质。它注入地层或构筑物体内的孔隙、裂隙中凝固后，将堵塞过水通道，粘结破碎岩体，起到堵水或加固作用。

注浆材料应满足下列要求：①粘度低、流动性好、可注性好；②浆液的固化时间可以调节和控制；③浆液稳定性好，无毒，无臭，非易燃易爆品，对设备、管路等无腐蚀作用，容易清洗；④浆液固化后结石率高、强度高、不龟裂、抗渗性好，耐老化、耐酸、碱、盐、生物细菌等的腐蚀；⑤材料来源丰富、价格低、浆液容易配制。一种注浆材料难于满足以上所有的要求，在实际应用中应根据工程条件、注浆目的和要求，选择一种或几种注浆材料配合使用，以达到最佳的技术经济效果。

注浆材料分为水泥浆类和化学浆类两大类。水泥浆类包括单液水泥浆、水泥－水玻璃浆液、粘土水泥浆、粉煤灰水泥浆。化学浆液包括脲醛树脂类、丙烯酰胺类、水玻璃类、铬木素类、聚胺酯类等。

从1802年的石灰和粘土注浆材料开始，直到现代的聚氨酯类为代表的化学浆液，经历了近200年的发展历程。由于工程的实际需要，施工条件的不同以及科学技术的进步，现代已发展到上百种。中国是注浆材料品种较齐全的国家之一，使用最多的是水泥浆类，化学浆液因价格高，来源少，污染地下水等原因仅在特殊场合下方使用。中国正深入研究与改进粘土水泥浆的配方、性能，以及添加剂、水泥代用品等，以进一步降低成本、提高注浆效果。在化学浆液方面，寻找来源广泛、价格低、不污染地下水、无毒性的材料。

（赵 斌）

zhujiang jishu

注浆技术 （grouting technology） 简称注浆，通过钻孔向有含水裂隙、空洞或松散地层注入浆液，以堵水或加固地层的施工技术。在矿井生产建设中，常用于井巷围岩为裂隙含水层、断层破碎带和松散含水砂层等复杂水文地质条件时的施工，已成为井巷施工防治水害的有效方法之一。在水工、铁道和其他一些建筑工程中亦被广泛应用。

注浆技术的基本技术特征是用人工钻孔贯穿欲注地层或构筑物体内，再利用机械设备通过钻孔向所连通的孔隙、裂隙注入可充塞胶结的浆状材料，以达到加固、堵水等目的，它涉及到工程地质、注浆材料、注浆设备和注浆工艺等问题，在确定受注对象并查明有关水文地质情况（例如地层岩性及裂隙分布、涌水量及水压和流速等）后，按照工程条件和要求选择技术可行、经济合理的注浆材料，进而确定整体的注浆方式和注浆工艺，并据以选择适当的注浆设备。因此注浆材料、注浆设备和注浆工艺的发展是相互促进紧密相关的。

注浆技术的分类 按注浆时间不同有预注浆和后注浆；按浆液材料不同有水泥注浆和化学注浆；按工艺流程分有单液注浆（采用一种浆液和一套输浆系统进行的注浆）和双液注浆（采用两种浆液和两套输浆系统输浆，经混合器混合后进行的注浆。采用多种浆液时称多液注浆。）；按注浆工程的地质条件、浆液扩散和浸透状况，分为充填注浆、裂隙注浆、渗透注浆、旋喷法（高喷法）注浆和挤压注浆；按注浆目的分有加固注浆和堵水防渗注浆。

应用与发展 1802年，法国查理士·柏利勒（Charles Berigny）用注浆法加固地基，注浆材料为石灰、粘土和水拌合而成的浆状物。1824年，英国阿斯普丁（J. Aspdin）研制了波特兰水泥，水泥注浆在建筑工程中被采用。1864年，德国阿里因普瑞贝煤矿应用水泥注浆封堵砖砌井壁漏水获得成功。1885年铁琴斯（Tietjens）成功地采用地面预注浆开凿立井井筒获得专利权。从此，注浆技术在矿井建设中，作为防治水和改善工程地质条件的主要手段，先后在欧、美地区得到了广泛应用。化学注浆最早是1900年荷兰约斯滕（H. Joosten）应用水玻璃、氯化钙溶液进行交替注入的"二次注浆法"（又称硅酸钠法）获得专利权，在相林地

铁建设中用于堵水和加固土体；它经加固结的土体强度高，但范围小。1931年郎格（Langer）又试验成功了"一次注浆法"，为硅酸钠法的推广应用提供了广阔前景。20世纪50年代以后，随着工程建设规模的扩大，遇到的地质条件更复杂，对注浆材料和注浆工艺的要求也就更高。美国对有机高分子化学注浆材料进行了研究并开发了以丙烯酰胺为主剂的AM－9化学浆液，它具有很强的渗透能力和较高的固化强度，这就扩大了注浆技术的应用范围。日本在引进AM－9的基础上，开发了"日东SS"和"苏密索尔"等新材料。并在20世纪60年代试研制了既能防渗又可固结的"塔克斯"材料在端岛海底煤矿和封堵涌水中应用，效果很好。同期，苏联特殊注浆地质公司（STG）研制出一种新工艺——综合注浆法，是在注浆前应用流体动力学分析，准确的查清含水层的特征，用粘土为主剂的浆液进行注浆，它结石率高，节省水泥，成本低，效果好，完成各种注浆工程近200项。

注浆技术在中国煤矿矿井建设中的应用始于20世纪中叶。50年代，鹤岗、鸡西和淄博矿区，首先采用井壁注浆封堵井筒淋水。同期，新汶张庄立井采用工作面预注浆凿井取得了良好效果。50年代后期，峰峰矿和焦作矿应用地面预注浆凿井，堵水率分别达到97%和95%。60年代以后，注浆材料从纯水泥浆液发展到掺加多种外加剂的浆液以及水泥－水玻璃浆液、MG－646化学浆液等。根据双液注浆的施工要求，研制成功了YSB－250/12型、YSB－300/20型液力调速注浆泵，KWS系列止浆塞、ZGS－1型水力膨胀式止浆塞及各种型式的混合器（双液注浆时，使两种浆液混合的装置），对确保注浆质量起了重大作用。80年代后期，研制出DZJ－500/1000型高效转盘钻机和高精度JDT－5型陀螺定向测斜仪，仿制出DD96型井下动力钻具，试验成功了受控定向钻孔地面预注浆技术，使注浆深度达到750m，实现了井筒上段井凿、下段注浆的平行作业方式。90年代初，开发了以粘土为主剂的CL－C型浆液，用国产的MDS－1型钻孔流量计进行孔内地下水动力学研究，在枣庄傅村西风井、高庄混合井进行综合注浆法工业性试验，取得了工期短、成本低和堵水率高的好成绩。

（崔增骥）

zhujiang jiesu biaozhun

注浆结束标准 （standard of final grouting） 浆液注入量达到设计要求，注浆参数达到设计注浆终压（注浆结束时注浆孔口的压力）终量（吸浆量）的标准。在满足浆液注入量的前提下，不同浆液结束注浆的标准为：水泥注浆达到终压以后，吸浆量降低到50～60L/min，稳定时间20～30min；水泥—水玻璃双液注浆，达到终压，两液的总吸浆量降低到100～120L/min，稳定20～30min；粘土水泥浆综合注浆，注浆压力达到终压，稳定时间20～30min。

立井井筒注浆的结束标准还应满足：影响注浆质量的薄弱环节已采取了弥补措施；在后续施工钻孔中，通过岩心鉴定有60%以上的裂隙被浆液所充塞；注浆质量终检孔流体动力学研究结果表明，井筒剩余涌水量小于10m³/h，凿井工作面涌出水量小于6m³/h。

（崔增骥）

zhujiang shebei

注浆设备 （grouting equipment） 钻进注浆孔和配制、压送浆液的机械和机具。包括钻探设备、注浆泵、浆液搅拌机、止浆塞、浆液混合器、孔口密封器和其他检测辅助设施等。中国煤炭行业起初用泥浆泵代替注浆泵，20世纪70年代以后才研制出专用注浆设备，如2MJ型注浆泵、YSB型注浆泵、粘土粉碎搅拌机、KWS型止浆塞等。这些设备促进了注浆技术的进一步发展。

注浆泵 使浆液升压和输出的设备。通过泵体上的柱（活）塞往复运动使浆液升压，高、低压阀交替动作实现浆液的吸入与排出，将高压浆液输送到注浆管路。注浆泵要求有足够的泵压和泵量，且能随时调节，浆液吸入阀和排出阀动作均匀稳定，密封性高，便于拆装。注浆泵要根据注浆工艺和工程条件来选型。地面预注浆和高压旋喷注浆，要求泵压10～40MPa，泵量50～200L/min，注浆泵体积较大，只能在地面安设；井巷工作面预注浆和后注浆要求泵压2～15MPa，泵量10～50L/min，体积小，适宜在狭窄的地方安设使用。注浆泵有恒速、机械、液力等调速方式。

恒速注浆泵即泵量恒定的泥浆泵，为适应注浆要求，在泵的吸入口安装截止阀限制浆液的吸入量，借此控制泵的排量，主要有TBW型、9MIP型等，其构造均为双缸、双作用、活塞式泥浆泵

机械变速注浆泵采用齿轮变速机构，使活塞往复次数变化而改变泵的排量的注浆泵有BW型系列2TGZ型和SNC－H300型水泥注浆车。BW型系列是卧式三缸往复单作用活塞泵，有两种缸径更换和四挡齿轮变速箱控制泵量，它适用于立井、斜井和巷道工作面预注浆。SNC－H300型水泥注浆车是以汽车发动机和柴油机带动注浆泵，另一种型式是电动水泥注浆泵，为双缸双作用往复式结构的注浆泵，压力高，泵量可调，适应深井地面预注浆工程。2TGZ型注浆泵，变速

箱为四挡变速，改变柱塞的往复次数实现变量，泵体为双缸单作用柱塞泵，两个缸体有独立的进浆和排浆系统，彼此不串浆，能同时输送一种或两种浆液，它适用于矿山井巷、建筑物基础漏（渗）水注浆工程。

液力调速注浆泵靠调节泄泵的油压和油量来改变活塞的往复次数，从而调节泵的排量和实现无级调速的注浆泵。主要有YSB型、YZB型和HFV-C型（日本产）等型号。YSB型为专用注浆泵，采用可调式液力变矩器调速，传动机构为蜗轮、蜗杆和曲柄连杆，这种注浆泵具有压力稳定时可无级调量和压力升高而泵量自动降低的特性，适应单液、双液注浆和综合注浆法施工的工艺要求。YZB型注浆液由动力装置和泵体组成，该泵为双缸双作用往复式注浆，全液压驱动，并装有超高压保护装置，运转稳定电动机带动轴向柱塞恒功率变量油泵运转输出高压油，调节机构控制排油量，液压控制阀和限位装置控制活塞的行程。用以改变活塞的往复次数实现改变泵量。

止浆塞 安设在注浆孔中用于封隔注浆孔段的装置，是保证深井分段注浆质量的必备机具，它有三爪式、异径式、水力膨胀式、双管式和卡瓦式等多种型式。二爪式止浆塞由上下托盘、三爪块收拢座、胶塞和三爪张开结构组成。三爪为下支点，靠芯管加压使胶塞膨胀与钻孔孔壁挤紧分隔钻孔适用于坚硬岩石钻孔止浆。异径止浆塞与三爪式的结构基本相同，仅去掉三爪机构，靠钻孔的变径台阶为下支点，钻具加压即可分隔钻孔，适用于软岩钻孔止浆。水力膨胀式止浆塞，以长胶筒为主要密封元件，高压水使胶筒膨胀与钻孔壁贴紧，适用于软岩钻孔止浆。双管式止浆塞，由孔口装置、内外管、胶塞和托盘等组成，利用内外管的相对位移使胶塞膨胀与孔壁贴紧起止浆作用，通常与孔内混合器组装在一起使用，适于浅孔双液预注浆工程。卡瓦式止浆塞，由胶筒、定位卡瓦、锥体、上下中心管、正反扣接头、拉杆和滑动法兰等组成，它结构简单、操作方便、密封性好、钻具处于受拉状态不弯曲，是一种新颖的止浆塞。

（王国明）

zhuayanji

抓岩机 （grab） 立井掘进时抓取矸石的装载机械。装岩是立井掘进中消耗工时最多的工作，通常要占循环时间的50%左右。在中国分人力操作的抓岩机和机械化操作的抓岩机。

人力操作的抓岩机 有$NZQ_2-0.11$型抓岩机和长绳悬吊抓岩机。

$NZQ_2-0.11$型抓岩机是用机械靠仿人手在地面抓取物体，由压缩空气驱动气缸活塞上下运动，活塞带动4个曲杆，通过杠杆原理，使曲杆象手指一样作一张一合的动作。曲杆的下端各有一瓣叶片，当4个叶片合拢时，形成一个容积为0.11m³的盆状抓斗将矸石兜住。抓斗上方有一个升降气缸使装满矸石的抓斗升高，用人力将其推到吊桶上方，抓斗张开卸载，然后抓斗下降到工作面继续抓岩。装岩工作结束后，由吊盘上的气动绞车将抓岩机提升到吊盘下，离工作面15～40m处，以免妨碍其他作业。这种装岩机中国在50～60年代广为采用，缺点是工人作业劳动强度大，装岩生产力低。

长绳悬吊抓岩机，中国多采用HC型抓岩机，其抓斗工作原理与NZQ_2 0.11型相同，但抓斗的曲杆和叶片为8片，容积为0.6m³。由于该抓岩机容积和重量加大，如果仍悬吊在吊盘上，抓斗移动距离较大时，由于悬吊钢丝绳长度较短摆角较大需要很大的水平推力，人力难以胜任。于是将其悬吊到地面绞车上以加大悬吊钢丝绳的长度，减小摆角，使摆动时所需水平推力降到人力能胜任的程度。悬吊钢丝绳长度以80～100m为宜，过长则钢丝绳晃动大影响作业安全，当井筒深度较大时，中间应安装导向架以减小钢丝绳摆动部分的长度。抓斗升降由井下操作台遥控地面绞车正反转实现。由于抓斗升降相当频繁，故采用可逆转电动机驱动的绞车。装岩结束后抓斗要提升到吊盘下，与工作面保持一定安全距离。

机械操作的抓岩机有中心回转式、环行轨道式和靠壁式三种。

环行轨道式抓岩机 中国这类抓岩机有HH型（见下页图1）。它的主体结构是固定在吊盘下的环形钢架（环行轨道）以及一个或两个径向行走机构。径向行走机构是一根钢梁，一端空套在环形钢架的中心轴上，另一端安装在环行小车上，环行小车沿环行轨道作圆周运动，使径向行走机构绕中心轴回转。径向行走机构上有一个可沿径向行走的小车，该小车下悬挂气动绞车及抓斗。抓斗结构与HC型抓岩机的抓斗相同。抓斗抓取岩石后，由气动绞车提到吊桶高度以上，由行走机构上的小车和环行小车将抓斗移到吊桶上方，卸载。待装岩工作全部完成后，由气动绞车将抓斗提起悬挂在固定的吊钩上。抓斗抓岩、移动、升降、装载作业全部由司机在行走机构上的司机室中控制，机械化程度高。

环行轨道用4～5个千斤顶撑紧在井壁上。环行轨道的中心轴留有直径160mm的空腔，作为井筒中心的测量孔，也可通过照明电缆。行走机构利用双层轴套与中心轴相连，一方面绕中心轴回转，一方面与压缩空气总管相连，通过回转接头可保证回转过程中压缩空气源源不断地供应。径向行走的小车是用四缸活塞式气

図 224—ニュージーランド産の鳥類。1—ハシビロガモ、2—ハシビロガモ、3—ハシビロガモ、4—ハシビロガモ、5—ハシビロガモ、6—ハシビロガモ、7—ハシビロガモ、8—ハシビロガモ、9—ハシビロガモ、10—ハシビロガモ、11—ハシビロガモ、12—ハシビロガモ、13—ハシビロガモ、14—ハシビロガモ、15—ハシビロガモ、16—ハシビロガモ、17—ハシビロガモ、18—ハシビロガモ、19—ハシビロガモ、20—ハシビロガモ、21—ハシビロガモ、22—ハシビロガモ、23—ハシビロガモ、24—ハシビロガモ、25—ハシビロガモ、26—ハシビロガモ、27—ハシビロガモ、28—ハシビロガモ、29—ハシビロガモ、30—ハシビロガモ、31—ハシビロガモ、32—ハシビロガモ、33—ハシビロガモ、34—ハシビロガモ、35—ハシビロガモ、36—ハシビロガモ、37—ハシビロガモ、38—ハシビロガモ、39—ハシビロガモ、40—ハシビロガモ、41—ハシビロガモ、42—ハシビロガモ、43—ハシビロガモ、44—ハシビロガモ、45—ハシビロガモ、46—ハシビロガモ、47—ハシビロガモ、48—ハシビロガモ、49—ハシビロガモ、50—ハシビロガモ、51—ハシビロガモ、52—ハシビロガモ、53—ハシビロガモ、54—ハシビロガモ、55—ハシビロガモ、56—ハシビロガモ、57—ハシビロガモ、58—ハシビロガモ、59—ハシビロガモ、60—ハシビロガモ、61—ハシビロガモ、62—ハシビロガモ、63—ハシビロガモ、64—ハシビロガモ、65—ハシビロガモ、66—ハシビロガモ、67—ハシビロガモ、68—ハシビロガモ、69—ハシビロガモ、70—ハシビロガモ、71—ハシビロガモ、72—ハシビロガモ、73—ハシビロガモ、74—ハシビロガモ、75—ハシビロガモ、76—ハシビロガモ、77—ハシビロガモ、78—ハシビロガモ、79—ハシビロガモ、80—ハシビロガモ、81—ハシビロガモ、82—ハシビロガモ、83—ハシビロガモ、84—ハシビロガモ、85—ハシビロガモ、86—ハシビロガモ、87—ハシビロガモ、88—ハシビロガモ、89—ハシビロガモ、90—ハシビロガモ、91—ハシビロガモ、92—ハシビロガモ、93—ハシビロガモ、94—ハシビロガモ、95—ハシビロガモ、96—ハシビロガモ、97—ハシビロガモ、98—ハシビロガモ、99—ハシビロガモ、100—ハシビロガモ、101—ハシビロガモ、102—ハシビロガモ、103—ハシビロガモ、104—ハシビロガモ、105—ハシビロガモ、106—ハシビロガモ、107—ハシビロガモ、108—ハシビロガモ、109—ハシビロガモ、110—ハシビロガモ、111—ハシビロガモ、112—ハシビロガモ、113—ハシビロガモ、114—ハシビロガモ、115—ハシビロガモ、116—ハシビロガモ、117—ハシビロガモ、118—ハシビロガモ、119—ハシビロガモ、120—ハシビロガモ、121—ハシビロガモ、122—ハシビロガモ、123—ハシビロガモ、124—ハシビロガモ、125—ハシビロガモ、126—ハシビロガモ、127—ハシビロガモ、128—ハシビロガモ、129—ハシビロガモ、130—ハシビロガモ、131—ハシビロガモ、132—ハシビロガモ、133—ハシビロガモ、134—ハシビロガモ、135—ハシビロガモ、136—ハシビロガモ、137—ハシビロガモ、138—ハシビロガモ、139—ハシビロガモ、140—ハシビロガモ、141—ハシビロガモ、142—ハシビロガモ、143—ハシビロガモ、144—ハシビロガモ、145—ハシビロガモ、146—ハシビロガモ、147—ハシビロガモ、148—ハシビロガモ、149—ハシビロガモ、150—ハシビロガモ、151—ハシビロガモ、152—ハシビロガモ、153—ハシビロガモ、154—ハシビロガモ、155—ハシビロガモ、156—ハシビロガモ、157—ハシビロガモ、158—ハシビロガモ、159—ハシビロガモ、160—ハシビロガモ、161—ハシビロガモ、162—ハシビロガモ、163—ハシビロガモ、164—ハシビロガモ、165—ハシビロガモ、166—ハシビロガモ、167—ハシビロガモ、168—ハシビロガモ、169—ハシビロガモ、170—ハシビロガモ、171—ハシビロガモ、172—ハシビロガモ、173—ハシビロガモ、174—ハシビロガモ、175—ハシビロガモ、176—ハシビロガモ、177—ハシビロガモ、178—ハシビロガモ、179—ハシビロガモ、180—ハシビロガモ、181—ハシビロガモ、182—ハシビロガモ、183—ハシビロガモ、184—ハシビロガモ、185—ハシビロガモ、186—ハシビロガモ、187—ハシビロガモ、188—ハシビロガモ、189—ハシビロガモ、190—ハシビロガモ、191—ハシビロガモ、192—ハシビロガモ、193—ハシビロガモ、194—ハシビロガモ、195—ハシビロガモ、196—ハシビロガモ、197—ハシビロガモ、198—ハシビロガモ、199—ハシビロガモ、200—ハシビロガモ、201—ハシビロガモ、202—ハシビロガモ、203—ハシビロガモ、204—ハシビロガモ、205—ハシビロガモ、206—ハシビロガモ、207—ハシビロガモ、208—ハシビロガモ、209—ハシビロガモ、210—ハシビロガモ、211—ハシビロガモ、212—ハシビロガモ、213—ハシビロガモ、214—ハシビロガモ、215—ハシビロガモ、216—ハシビロガモ、217—ハシビロガモ、218—ハシビロガモ、219—ハシビロガモ、220—ハシビロガモ、221—ハシビロガモ、222—ハシビロガモ、223—ハシビロガモ、224—ハシビロガモ、225—ハシビロガモ、226—ハシビロガモ、227—ハシビロガモ、228—ハシビロガモ、229—ハシビロガモ、230—ハシビロガモ、231—ハシビロガモ、232—ハシビロガモ、233—ハシビロガモ、234—ハシビロガモ、235—ハシビロガモ、236—ハシビロガモ、237—ハシビロガモ、238—ハシビロガモ、239—ハシビロガモ、240—ハシビロガモ、241—ハシビロガモ、242—ハシビロガモ、243—ハシビロガモ、244—ハシビロガモ、245—ハシビロガモ、246—ハシビロガモ、247—ハシビロガモ、248—ハシビロガモ、249—ハシビロガモ、250—ハシビロガモ、251—ハシビロガモ、252—ハシビロガモ、253—ハシビロガモ、254—ハシビロガモ、255—ハシビロガモ、256—ハシビロガモ、257—ハシビロガモ、258—ハシビロガモ、259—ハシビロガモ、260—ハシビロガモ、261—ハシビロガモ、262—ハシビロガモ、263—ハシビロガモ、264—ハシビロガモ、265—ハシビロガモ、266—ハシビロガモ、267—ハシビロガモ、268—ハシビロガモ、269—ハシビロガモ、270—ハシビロガモ、271—ハシビロガモ、272—ハシビロガモ、273—ハシビロガモ、274—ハシビロガモ、275—ハシビロガモ、276—ハシビロガモ、277—ハシビロガモ、278—ハシビロガモ、279—ハシビロガモ、280—ハシビロガモ、281—ハシビロガモ、282—ハシビロガモ、283—ハシビロガモ、284—ハシビロガモ、285—ハシビロガモ、286—ハシビロガモ、287—ハシビロガモ、288—ハシビロガモ、289—ハシビロガモ、290—ハシビロガモ、291—ハシビロガモ、292—ハシビロガモ、293—ハシビロガモ、294—ハシビロガモ、295—ハシビロガモ、296—ハシビロガモ、297—ハシビロガモ、298—ハシビロガモ、299—ハシビロガモ、300—ハシビロガモ、301—ハシビロガモ、302—ハシビロガモ、303—ハシビロガモ、304—ハシビロガモ、305—ハシビロガモ、306—ハシビロガモ、307—ハシビロガモ、308—ハシビロガモ、309—ハシビロガモ、310—ハシビロガモ、311—ハシビロガモ、312—ハシビロガモ、313—ハシビロガモ、314—ハシビロガモ、315—ハシビロガモ、316—ハシビロガモ、317—ハシビロガモ、318—ハシビロガモ、319—ハシビロガモ、320—ハシビロガモ、321—ハシビロガモ、322—ハシビロガモ、323—ハシビロガモ、324—ハシビロガモ、325—ハシビロガモ、326—ハシビロガモ、327—ハシビロガモ、328—ハシビロガモ、329—ハシビロガモ、330—ハシビロガモ、331—ハシビロガモ、332—ハシビロガモ、333—ハシビロガモ、334—ハシビロガモ、335—ハシビロガモ、336—ハシビロガモ、337—ハシビロガモ、338—ハシビロガモ、339—ハシビロガモ、340—ハシビロガモ、341—ハシビロガモ、342—ハシビロガモ、343—ハシビロガモ、344—ハシビロガモ、345—ハシビロガモ、346—ハシビロガモ、347—ハシビロガモ、348—ハシビロガモ、349—ハシビロガモ、350—ハシビロガモ、351—ハシビロガモ、352—ハシビロガモ、353—ハシビロガモ、354—ハシビロガモ、355—ハシビロガモ、356—ハシビロガモ、357—ハシビロガモ、358—ハシビロガモ、359—ハシビロガモ、360—ハシビロガモ、361—ハシビロガモ、362—ハシビロガモ、363—ハシビロガモ、364—ハシビロガモ、365—ハシビロガモ、366—ハシビロガモ、367—ハシビロガモ、368—ハシビロガモ、369—ハシビロガモ、370—ハシビロガモ、371—ハシビロガモ、372—ハシビロガモ、373—ハシビロガモ、374—ハシビロガモ、375—ハシビロガモ、376—ハシビロガモ、377—ハシビロガモ、378—ハシビロガモ、379—ハシビロガモ、380—ハシビロガモ、381—ハシビロガモ、382—ハシビロガモ、383—ハシビロガモ、384—ハシビロガモ、385—ハシビロガモ、386—ハシビロガモ、387—ハシビロガモ、388—ハシビロガモ、389—ハシビロガモ、390—ハシビロガモ、391—ハシビロガモ、392—ハシビロガモ、393—ハシビロガモ、394—ハシビロガモ、395—ハシビロガモ、396—ハシビロガモ、397—ハシビロガモ、398—ハシビロガモ、399—ハシビロガモ、400—ハシビロガモ、401—ハシビロガモ、402—ハシビロガモ、403—ハシビロガモ、404—ハシビロガモ、405—ハシビロガモ、406—ハシビロガモ、407—ハシビロガモ、408—ハシビロガモ、409—ハシビロガモ、410—ハシビロガモ、411—ハシビロガモ、412—ハシビロガモ、413—ハシビロガモ、414—ハシビロガモ、415—ハシビロガモ、416—ハシビロガモ、417—ハシビロガモ、418—ハシビロガモ、419—ハシビロガモ、420—ハシビロガモ、421—ハシビロガモ、422—ハシビロガモ、423—ハシビロガモ、424—ハシビロガモ、425—ハシビロガモ、426—ハシビロガモ、427—ハシビロガモ、428—ハシビロガモ、429—ハシビロガモ、430—ハシビロガモ、431—ハシビロガモ、432—ハシビロガモ、433—ハシビロガモ、434—ハシビロガモ、435—ハシビロガモ、436—ハシビロガモ、437—ハシビロガモ、438—ハシビロガモ、439—ハシビロガモ、440—ハシビロガモ、441—ハシビロガモ、442—ハシビロガモ、443—ハシビロガモ、444—ハシビロガモ、445—ハシビロガモ、446—ハシビロガモ、447—ハシビロガモ、448—ハシビロガモ、449—ハシビロガモ、450—ハシビロガモ、451—ハシビロガモ、452—ハシビロガモ、453—ハシビロガモ、454—ハシビロガモ、455—ハシビロガモ、456—ハシビロガモ、457—ハシビロガモ、458—ハシビロガモ、459—ハシビロガモ、460—ハシビロガモ、461—ハシビロガモ、462—ハシビロガモ、463—ハシビロガモ、464—ハシビロガモ、465—ハシビロガモ、466—ハシビロガモ、467—ハシビロガモ、468—ハシビロガモ、469—ハシビロガモ、470—ハシビロガモ、471—ハシビロガモ、472—ハシビロガモ、473—ハシビロガモ、474—ハシビロガモ、475—ハシビロガモ、476—ハシビロガモ、477—ハシビロガモ、478—ハシビロガモ、479—ハシビロガモ、480—ハシビロガモ、481—ハシビロガモ、482—ハシビロガモ、483—ハシビロガモ、484—ハシビロガモ、485—ハシビロガモ、486—ハシビロガモ、487—ハシビロガモ、488—ハシビロガモ、489—ハシビロガモ、490—ハシビロガモ、491—ハシビロガモ、492—ハシビロガモ、493—ハシビロガモ、494—ハシビロガモ、495—ハシビロガモ、496—ハシビロガモ、497—ハシビロガモ、498—ハシビロガモ、499—ハシビロガモ、500—ハシビロガモ、501—ハシビロガモ、502—ハシビロガモ、503—ハシビロガモ、504—ハシビロガモ、505—ハシビロガモ、506—ハシビロガモ、507—ハシビロガモ、508—ハシビロガモ、509—ハシビロガモ、510—ハシビロガモ、511—ハシビロガモ、512—ハシビロガモ、513—ハシビロガモ、514—ハシビロガモ、515—ハシビロガモ、516—ハシビロガモ、517—ハシビロガモ、518—ハシビロガモ、519—ハシビロガモ、520—ハシビロガモ、521—ハシビロガモ、522—ハシビロガモ、523—ハシビロガモ、524—ハシビロガモ、525—ハシビロガモ、526—ハシビロガモ、527—ハシビロガモ、528—ハシビロガモ、529—ハシビロガモ、530—ハシビロガモ、531—ハシビロガモ、532—ハシビロガモ、533—ハシビロガモ、534—ハシビロガモ、535—ハシビロガモ、536—ハシビロガモ、537—ハシビロガモ、538—ハシビロガモ、539—ハシビロガモ、540—ハシビロガモ、541—ハシビロガモ、542—ハシビロガモ、543—ハシビロガモ、544—ハシビロガモ、545—ハシビロガモ、546—ハシビロガモ、547—ハシビロガモ、548—ハシビロガモ、549—ハシビロガモ、550—ハシビロガモ、551—ハシビロガモ、552—ハシビロガモ、553—ハシビロガモ、554—ハシビロガモ、555—ハシビロガモ、556—ハシビロガモ、557—ハシビロガモ、558—ハシビロガモ、559—ハシビロガモ、560—ハシビロガモ、561—ハシビロガモ、562—ハシビロガモ、563—ハシビロガモ、564—ハシビロガモ、565—ハシビロガモ、566—ハシビロガモ、567—ハシビロガモ、568—ハシビロガモ、569—ハシビロガモ、570—ハシビロガモ、571—ハシビロガモ、572—ハシビロガモ、573—ハシビロガモ、574—ハシビロガモ、575—ハシビロガモ、576—ハシビロガモ、577—ハシビロガモ、578—ハシビロガモ、579—ハシビロガモ、580—ハシビロガモ、581—ハシビロガモ、582—ハシビロガモ、583—ハシビロガモ、584—ハシビロガモ、585—ハシビロガモ、586—ハシビロガモ、587—ハシビロガモ、588—ハシビロガモ、589—ハシビロガモ、590—ハシビロガモ、591—ハシビロガモ、592—ハシビロガモ、593—ハシビロガモ、594—ハシビロガモ、595—ハシビロガモ、596—ハシビロガモ、597—ハシビロガモ、598—ハシビロガモ、599—ハシビロガモ、600—ハシビロガモ、601—ハシビロガモ、602—ハシビロガモ、603—ハシビロガモ、604—ハシビロガモ、605—ハシビロガモ、606—ハシビロガモ、607—ハシビロガモ、608—ハシビロガモ、609—ハシビロガモ、610—ハシビロガモ、611—ハシビロガモ、612—ハシビロガモ、613—ハシビロガモ、614—ハシビロガモ、615—ハシビロガモ、616—ハシビロガモ、617—ハシビロガモ、618—ハシビロガモ、619—ハシビロガモ、620—ハシビロガモ、621—ハシビロガモ、622—ハシビロガモ、623—ハシビロガモ、624—ハシビロガモ、625—ハシビロガモ、626—ハシビロガモ、627—ハシビロガモ、628—ハシビロガモ、629—ハシビロガモ、630—ハシビロガモ、631—ハシビロガモ、632—ハシビロガモ、633—ハシビロガモ、634—ハシビロガモ、635—ハシビロガモ、636—ハシビロガモ、637—ハシビロガモ、638—ハシビロガモ、639—ハシビロガモ、640—ハシビロガモ、641—ハシビロガモ、642—ハシビロガモ、643—ハシビロガモ、644—ハシビロガモ、645—ハシビロガモ、646—ハシビロガモ、647—ハシビロガモ、648—ハシビロガモ、649—ハシビロガモ、650—ハシビロガモ、651—ハシビロガモ、652—ハシビロガモ、653—ハシビロガモ、654—ハシビロガモ、655—ハシビロガモ、656—ハシビロガモ、657—ハシビロガモ、658—ハシビロガモ、659—ハシビロガモ、660—ハシビロガモ、661—ハシビロガモ、662—ハシビロガモ、663—ハシビロガモ、664—ハシビロガモ、665—ハシビロガモ、666—ハシビロガモ、667—ハシビロガモ、668—ハシビロガモ、669—ハシビロガモ、670—ハシビロガモ、671—ハシビロガモ、672—ハシビロガモ、673—ハシビロガモ、674—ハシビロガモ、675—ハシビロガモ、676—ハシビロガモ、677—ハシビロガモ、678—ハシビロガモ、679—ハシビロガモ、680—ハシビロガモ、681—ハシビロガモ、682—ハシビロガモ、683—ハシビロガモ、684—ハシビロガモ、685—ハシビロガモ、686—ハシビロガモ、687—ハシビロガモ、688—ハシビロガモ、689—ハシビロガモ、690—ハシビロガモ、691—ハシビロガモ、692—ハシビロガモ、693—ハシビロガモ、694—ハシビロガモ、695—ハシビロガモ、696—ハシビロガモ、697—ハシビロガモ、698—ハシビロガモ、699—ハシビロガモ、700—ハシビロガモ、701—ハシビロガモ、702—ハシビロガモ、703—ハシビロガモ、704—ハシビロガモ、705—ハシビロガモ、706—ハシビロガモ、707—ハシビロガモ、708—ハシビロガモ、709—ハシビロガモ、710—ハシビロガモ、711—ハシビロガモ、712—ハシビロガモ、713—ハシビロガモ、714—ハシビロガモ、715—ハシビロガモ、716—ハシビロガモ、717—ハシビロガモ、718—ハシビロガモ、719—ハシビロガモ、720—ハシビロガモ、721—ハシビロガモ、722—ハシビロガモ、723—ハシビロガモ、724—ハシビロガモ、725—ハシビロガモ、726—ハシビロガモ、727—ハシビロガモ、728—ハシビロガモ、729—ハシビロガモ、730—ハシビロガモ、731—ハシビロガモ、732—ハシビロガモ、733—ハシビロガモ、734—ハシビロガモ、735—ハシビロガモ、736—ハシビロガモ、737—ハシビロガモ、738—ハシビロガモ、739—ハシビロガモ、740—ハシビロガモ、741—ハシビロガモ、742—ハシビロガモ、743—ハシビロガモ、744—ハシビロガモ、745—ハシビロガモ、746—ハシビロガモ、747—ハシビロガモ、748—ハシビロガモ、749—ハシビロガモ、750—ハシビロガモ、751—ハシビロガモ、752—ハシビロガモ、753—ハシビロガモ、754—ハシビロガモ、755—ハシビロガモ、756—ハシビロガモ、757—ハシビロガモ、758—ハシビロガモ、759—ハシビロガモ、760—ハシビロガモ、761—ハシビロガモ、762—ハシビロガモ、763—ハシビロガモ、764—ハシビロガモ、765—ハシビロガモ、766—ハシビロガモ、767—ハシビロガモ、768—ハシビロガモ、769—ハシビロガモ、770—ハシビロガモ、771—ハシビロガモ、772—ハシビロガモ、773—ハシビロガモ、774—ハシビロガモ、775—ハシビロガモ、776—ハシビロガモ、777—ハシビロガモ、778—ハシビロガモ、779—ハシビロガモ、780—ハシビロガモ、781—ハシビロガモ、782—ハシビロガモ、783—ハシビロガモ、784—ハシビロガモ、785—ハシビロガモ、786—ハシビロガモ、787—ハシビロガモ、788—ハシビロガモ、789—ハシビロガモ、790—ハシビロガモ、791—ハシビロガモ、792—ハシビロガモ、793—ハシビロガモ、794—ハシビロガモ、795—ハシビロガモ、796—ハシビロガモ、797—ハシビロガモ、798—ハシビロガモ、799—ハシビロガモ、800—ハシビロガモ、801—ハシビロガモ、802—ハシビロガモ、803—ハシビロガモ、804—ハシビロガモ、805—ハシビロガモ、806—ハシビロガモ、807—ハシビロガモ、808—ハシビロガモ、809—ハシビロガモ、810—ハシビロガモ、811—ハシビロガモ、812—ハシビロガモ、813—ハシビロガモ、814—ハシビロガモ、815—ハシビロガモ、816—ハシビロガモ、817—ハシビロガモ、818—ハシビロガモ、819—ハシビロガモ、820—ハシビロガモ、821—ハシビロガモ、822—ハシビロガモ、823—ハシビロガモ、824—ハシビロガモ、825—ハシビロガモ、826—ハシビロガモ、827—ハシビロガモ、828—ハシビロガモ、829—ハシビロガモ、830—ハシビロガモ、831—ハシビロガモ、832—ハシビロガモ、833—ハシビロガモ、834—ハシビロガモ、835—ハシビロガモ、836—ハシビロガモ、837—ハシビロガモ、838—ハシビロガモ、839—ハシビロガモ、840—ハシビロガモ、841—ハシビロガモ、842—ハシビロガモ、843—ハシビロガモ、844—ハシビロガモ、845—ハシビロガモ、846—ハシビロガモ、847—ハシビロガモ、848—ハシビロガモ、849—ハシビロガモ、850—ハシビロガモ、851—ハシビロガモ、852—ハシビロガモ、853—ハシビロガモ、854—ハシビロガモ、855—ハシビロガモ、856—ハシビロガモ、857—ハシビロガモ、858—ハシビロガモ、859—ハシビロガモ、860—ハシビロガモ、861—ハシビロガモ、862—ハシビロガモ、863—ハシビロガモ、864—ハシビロガモ、865—ハシビロガモ、866—ハシビロガモ、867—ハシビロガモ、868—ハシビロガモ、869—ハシビロガモ、870—ハシビロガモ、871—ハシビロガモ、872—ハシビロガモ、873—ハシビロガモ、874—ハシビロガモ、875—ハシビロガモ、876—ハシビロガモ、877—ハシビロガモ、878—ハシビロガモ、879—ハシビロガモ、880—ハシビロガモ、881—ハシビロガモ、882—ハシビロガモ、883—ハシビロガモ、884—ハシビロガモ、885—ハシビロガモ、886—ハシビロガモ、887—ハシビロガモ、888—ハシビロガモ、889—ハシビロガモ、890—ハシビロガモ、891—ハシビロガモ、892—ハシビロガモ、893—ハシビロガモ、894—ハシビロガモ、895—ハシビロガモ、896—ハシビロガモ、897—ハシビロガモ、898—ハシビロガモ、899—ハシビロガモ、900—ハシビロガモ、901—ハシビロガモ、902—ハシビロガモ、903—ハシビロガモ、904—ハシビロガモ、905—ハシビロガモ、906—ハシビロガモ、907—ハシビロガモ、908—ハシビロガモ、909—ハシビロガモ、910—ハシビロガモ、911—ハシビロガモ、912—ハシビロガモ、913—ハシビロガモ、914—ハシビロガモ、915—ハシビロガモ、916—ハシビロガモ、917—ハシビロガモ、918—ハシビロガモ、919—ハシビロガモ、920—ハシビロガモ、921—ハシビロガモ、922—ハシビロガモ、923—ハシビロガモ、924—ハシビロガモ、925—ハシビロガモ、926—ハシビロガモ、927—ハシビロガモ、928—ハシビロガモ、929—ハシビロガモ、930—ハシビロガモ、931—ハシビロガモ、932—ハシビロガモ、933—ハシビロガモ、934—ハシビロガモ、935—ハシビロガモ、936—ハシビロガモ、937—ハシビロガモ、938—ハシビロガモ、939—ハシビロガモ、940—ハシビロガモ、941—ハシビロガモ、942—ハシビロガモ、943—ハシビロガモ、944—ハシビロガモ、945—ハシビロガモ、946—ハシビロガモ、947—ハシビロガモ、948—ハシビロガモ、949—ハシビロガモ、950—ハシビロガモ、951—ハシビロガモ、952—ハシビロガモ、953—ハシビロガモ、954—ハシビロガモ、955—ハシビロガモ、956—ハシビロガモ、957—ハシビロガモ、958—ハシビロガモ、959—ハシビロガモ、960—ハシビロガモ、961—ハシビロガモ、962—ハシビロガモ、963—ハシビロガモ、964—ハシビロガモ、965—ハシビロガモ、966—ハシビロガモ、967—ハシビロガモ、968—ハシビロガモ、969—ハシビロガモ、970—ハシビロガモ、971—ハシビロガモ、972—ハシビロガモ、973—ハシビロガモ、974—ハシビロガモ、975—ハシビロガモ、976—ハシビロガモ、977—ハシビロガモ、978—ハシビロガモ、979—ハシビロガモ、980—ハシビロガモ、981—ハシビロガモ、982—ハシビロガモ、983—ハシビロガモ、984—ハシビロガモ、985—ハシビロガモ、986—ハシビロガモ、987—ハシビロガモ、988—ハシビロガモ、989—ハシビロガモ、990—ハシビロガモ、991—ハシビロガモ、992—ハシビロガモ、993—ハシビロガモ、994—ハシビロガモ、995—ハシビロガモ、996—ハシビロガモ、997—ハシビロガモ、998—ハシビロガモ、999—ハシビロガモ、1000—ハシビロガモ

図 224—ニュージーランド産の鳥類。1—ハシビロガモ、2—ハシビロガモ、3—ハシビロガモ、4—ハシビロガモ、5—ハシビロガモ、6—ハシビロガモ、7—ハシビロガモ、8—ハシビロガモ、9—ハシビロガモ、10—ハシビロガモ、11—ハシビロガモ、12—ハシビロガモ、13—ハシビロガモ、14—ハシビロガモ、15—ハシビロガモ、16—ハシビロガモ、17—ハシビロガモ、18—ハシビロガモ、19—ハシビロガモ、20—ハシビロガモ、21—ハシビロガモ、22—ハシビロガモ、23—ハシビロガモ、24—ハシビロガモ、25—ハシビロガモ、26—ハシビロガモ、27—ハシビロガモ、28—ハシビロガモ、29—ハシビロガモ、30—ハシビロガモ、31—ハシビロガモ、32—ハシビロガモ、33—ハシビロガモ、34—ハシビロガモ、35—ハシビロガモ、36—ハシビロガモ、37—ハシビロガモ、38—ハシビロガモ、39—ハシビロガモ、40—ハシビロガモ、41—ハシビロガモ、42—ハシビロガモ、43—ハシビロガモ、44—ハシビロガモ、45—ハシビロガモ、46—ハシビロガモ、47—ハシビロガモ、48—ハシビロガモ、49—ハシビロガモ、50—ハシビロガモ、51—ハシビロガモ、52—ハシビロガモ、53—ハシビロガモ、54—ハシビロガモ、55—ハシビロガモ、56—ハシビロガモ、57—ハシビロガモ、58—ハシビロガモ、59—ハシビロガモ、60—ハシビロガモ、61—ハシビロガモ、62—ハシビロガモ、63—ハシビロガモ、64—ハシビロガモ、65—ハシビロガモ、66—ハシビロガモ、67—ハシビロガモ、68—ハシビロガモ、69—ハシビロガモ、70—ハシビロガモ、71—ハシビロガモ、72—ハシビロガモ、73—ハシビロガモ、74—ハシビロガモ、75—ハシビロガモ、76—ハシビロガモ、77—ハシビロガモ、78—ハシビロガモ、79—ハシビロガモ、80—ハシビロガモ、81—ハシビロガモ、82—ハシビロガモ、83—ハシビロガモ、84—ハシビロガモ、85—ハシビロガモ、86—ハシビロガモ、87—ハシビロガモ、88—ハシビロガモ、89—ハシビロガモ、90—ハシビロガモ、91—ハシビロガモ、92—ハシビロガモ、93—ハシビロガモ、94—ハシビロガモ、95—ハシビロガモ、96—ハシビロガモ、97—ハシビロガモ、98—ハシビロガモ、99—ハシビロガモ、100—ハシビロガモ、101—ハシビロガモ、102—ハシビロガモ、103—ハシビロガモ、104—ハシビロガモ、105—ハシビロガモ、106—ハシビロガモ、107—ハシビロガモ、108—ハシビロガモ、109—ハシビロガモ、110—ハシビロガモ、111—ハシビロガモ、112—ハシビロガモ、113—ハシビロガモ、114—ハシビロガモ、115—ハシビロガモ、116—ハシビロガモ、117—ハシビロガモ、118—ハシビロガモ、119—ハシビロガモ、120—ハシビロガモ、121—ハシビロガモ、122—ハシビロガモ、123—ハシビロガモ、124—ハシビロガモ、125—ハシビロガモ、126—ハシビロガモ、127—ハシビロガモ、128—ハシビロガモ、129—ハシビロガモ、130—ハシビロガモ、131—ハシビロガモ、132—ハシビロガモ、133—ハシビロガモ、134—ハシビロガモ、135—ハシビロガモ、136—ハシビロガモ、137—ハシビロガモ、138—ハシビロガモ、139—ハシビロガモ、140—ハシビロガモ、141—ハシビロガモ、142—ハシビロガモ、143—ハシビロガモ、144—ハシビロガモ、145—ハシビロガモ、146—ハシビロガモ、147—ハシビロガモ、148—ハシビロガモ、149—ハシビロガモ、150—ハシビロガモ、151—ハシビロガモ、152—ハシビロガモ、153—ハシビロガモ、154—ハシビロガモ、155—ハシビロガモ、156—ハシビロガモ、157—ハシビロガモ、158—ハシビロガモ、159—ハシビロガモ、160—ハシビロガモ、161—ハシビロガモ、162—ハシビロガモ、163—ハシビロガモ、164—ハシビロガモ、165—ハシビロガモ、166—ハシビロガモ、167—ハシビロガモ、168—ハシビロガモ、169—ハシビロガモ、170—ハシビロガモ、171—ハシビロガモ、172—ハシビロガモ、173—ハシビロガモ、174—ハシビロガモ、175—ハシビロガモ、176—ハシビロガモ、177—ハシビロガモ、178—ハシビロガモ、179—ハシビロガモ、180—ハシビロガモ、181—ハシビロガモ、182—ハシビロガモ、183—ハシビロガモ、184—ハシビロガモ、185—ハシビロガモ、186—ハシビロガモ、187—ハシビロガモ、188—ハシビロガモ、189—ハシビロガモ、190—ハシビロガモ、191—ハシビロガモ、192—ハシビロガモ、193—ハシビロガモ、194—ハシビロガモ、195—ハシビロガモ、196—ハシビロガモ、197—ハシビロガモ、198—ハシビロガモ、199—ハシビロガモ、200—ハシビロガモ、201—ハシビロガモ、202—ハシビロガモ、203—ハシビロガモ、204—ハシビロガモ、205—ハシビロガモ、206—ハシビロガモ、207—ハシビロガモ、208—ハシビロガモ、209—ハシビロガモ、210—ハシビロガモ、211—ハシビロガモ、212—ハシビロガモ、213—ハシビロガモ、214—ハシビロガモ、215—ハシビロガモ、216—ハシビロガモ、217—ハシビロガモ、218—ハシビロガモ、219—ハシビロガモ、220—ハシビロガモ、221—ハシビロガモ、222—ハシビロガモ、223—ハシビロガモ、224—ハシビロガモ、225—ハシビロガモ、226—ハシビロガモ、227—ハシビロガモ、228—ハシビロガモ、229—ハシビロガモ、230—ハシビロガモ、231—ハシビロガモ、232—ハシビロガモ、233—ハシビロガモ、234—ハシビロガモ、235—ハシビロガモ、236—ハシビロガモ、237—ハシビロガモ、238—ハシビロガモ、239—ハシビロガモ、240—ハシビロガモ、241—ハシビロガモ、242—ハシビロガモ、243—ハシビロガモ、244—ハシビロガモ、245—ハシビロガモ、246—ハシビロガモ、247—ハシビロガモ、248—ハシビロガモ、249—ハシビロガモ、250—ハシビロガモ、251—ハシビロガモ、252—ハシビロガモ、253—ハシビロガモ、254—ハシビロガモ、255—ハシビロガモ、256—ハシビロガモ、257—ハシビロガモ、258—ハシビロガモ、259—ハシビロガモ、260—ハシビロガモ、261—ハシビロガモ、262—ハシビロガモ、263—ハシビロガモ、264—ハシビロガモ、265—ハシビロガモ、266—ハシビロガモ、267—ハシビロガモ、268—ハシビロガモ、269—ハシビロガモ、270—ハシビロガモ、271—ハシビロガモ、272—ハシビロガモ、273—ハシビロガモ、274—ハシビロガモ、275—ハシビロガモ、276—ハシビロガモ、277—ハシビロガモ、278—ハシビロガモ、279—ハシビロガモ、280—ハシビロガモ、281—ハシビロガモ、282—ハシビロガモ、283—ハシビロガモ、284—ハシビロガモ、285—ハシビロガモ、286—ハシビロガモ、287—ハシビロガモ、288—ハシビロガモ、289—ハシビロガモ、290—ハシビロガモ、291—ハシビロガモ、292—ハシビロガモ、293—ハシビロガモ、294—ハシビロガモ、295—ハシビロガモ、296—ハシビロガモ、297—ハシビロガモ、298—ハシビロガモ、299—ハシビロガモ、300—ハシビロガモ、301—ハシビロガモ、302—ハシビロガモ、303—ハシビロガモ、304—ハシビロガモ、305—ハシビロガモ、306—ハシビロガモ、307—ハシビロガモ、308—ハシビロガモ、309—ハシビロガモ、310—ハシビロガモ、311—ハシビロガモ、312—ハシビロガモ、313—ハシビロガモ、314—ハシビロガモ、315—ハシビロガモ、316—ハシビロガモ、317—ハシビロガモ、318—ハシビロガモ、319—ハシビロガモ、320—ハシビロガモ、321—ハシビロガモ、322—ハシビロガモ、323—ハシビロガモ、324—ハシビロガモ、325—ハシビロガモ、326—ハシビロガモ、327—ハシビロガモ、328—ハシビロガモ、329—ハシビロガモ、330—ハシビロガモ、331—ハシビロガモ、332—ハシビロガモ、333—ハシビロガモ、334—ハシビロガモ、335—ハシビロガモ、336—ハシビロガモ、337—ハシビロガモ、338—ハシビロガモ、339—ハシビロガモ、340—ハシビロガモ、341—ハシビロガモ、342—ハシビロガモ、343—ハシビロガモ、344—ハシビロガモ、345—ハシビロガモ、346—ハシビロガモ、347—ハシビロガモ、348—ハシビロガモ、349—ハシビロガモ、350—ハシビロガモ、351—ハシビロガモ、352—ハシビロガモ、353—ハシビロガモ、354—ハシビロガモ、355—ハシビロガモ、356—ハシビロガモ、357—ハシビロガモ、358—ハシビロガモ、359—ハシビロガモ、360—ハシビロガモ、361—ハシビロガモ、362—ハシビロガモ、363—ハシビロガモ、364—ハシビロガモ、365—ハシビロガモ、366—ハシビロガモ、367—ハシビロガモ、368—ハシビロガモ、369—ハシビロガモ、370—ハシビロガモ、371—ハシビロガモ、372—ハシビロガモ、373—ハシビロガモ、374—ハシビロガモ、375—ハシビロガモ、376—ハシビロガモ、377—ハシビロガモ、378—ハシビロガモ、379—ハシビロガモ、380—ハシビロガモ、381—ハシビロガモ、382—ハシビロガモ、383—ハシビロガモ、384—ハシビロガモ、385—ハシビロガモ、386—ハシビロガモ、387—ハシビロガモ、388—ハシビロガモ、389—ハシビロガモ、390—ハシビロガモ、391—ハシビロガモ、392—ハシビロガモ、393—ハシビロガモ、394—ハシビロガモ、395—ハシビロガモ、396—ハシビロガモ、397—ハシビロガモ、398—ハシビロガモ、399—ハシビロガモ、400—ハシビロガモ、401—ハシビロガモ、402—ハシビロガモ、403—ハシビロガモ、404—ハシビロガモ、405—ハシビロガモ、406—ハシビロガモ、407—ハシビロガモ、408—ハシビロガモ、409—ハシビロガモ、410—ハシビロガモ、411—ハシビロガモ、412—ハシビロガモ、413—ハシビロガモ、414—ハシビロガモ、415—ハシビロガモ、416—ハシビロガモ、417—ハシビロガモ、418—ハシビロガモ、419—ハシビロガモ、420—ハシビロガモ、421—ハシビロガモ、422—ハシビロガモ、423—ハシビロガモ、424—ハシビロガモ、425—ハシビロガモ、426—ハシビロガモ、427—ハシビロガモ、428—ハシビロガモ、429—ハシビロガモ、430—ハシビロガモ、431—ハシビロガモ、432—ハシビロガモ、433—ハシビロガモ、434—ハシビロガモ、435—ハシビロガモ、436—ハシビロガモ、437—ハシビロガモ、438—ハシビロガモ、439—ハシビロガモ、440—ハシビロガモ、441—ハシビロガモ、442—ハシビロガモ、443—ハシビロガモ、444—ハシビロガモ、445—ハシビロガモ、446—ハシビロガモ、447—ハシビロガモ、448—ハシビロ

动机作动力，它的动轮实际是一个卷筒，卷筒上缠绕着钢丝绳，钢丝绳两端分别绕过行走机构两端的滑轮，分别固定在小车两端。卷筒转动时，依靠卷筒与钢丝绳的摩擦力，钢丝绳牵引小车来回移动。提升抓斗的气动绞车是由五缸活塞式气动机驱动，为保证安全，平时用弹簧压紧刹车带，经常处于制动状态，供给压缩空气时，首先由压气打开制动装置才能运行。悬吊抓斗的钢丝绳为不旋转钢丝绳。环行小车由六缸活塞式气动机驱动。环行小车上装有喷嘴和清扫器，随车运行可清扫环行轨道上的浮矸。环行轨道抓岩机适用于井筒深度一般大于500m的大型井筒施工，当井筒净直径为5～6.5m，可选用HH－6型单抓斗抓岩机，井筒净直径大于7m时，宜选用2HH－6型双抓斗抓岩机。并可与FJD－9型伞型钻架和3～4m³吊桶配套使用。

中心回转式抓岩机 中国这类抓岩机有HZ型（见上页图2）。它的主体结构是机身和臂杆。机身悬吊在吊盘下面，避开井筒中心线，能带着臂杆和抓斗同时作360°旋转。臂杆依靠支撑油缸伸缩改变角度，使所悬吊的抓斗作径向移动。机身和臂杆配合动作可将抓斗移到井筒内任意位置。抓斗上的钢丝绳绕过臂杆上的定滑轮缠，绕到气动绞车的卷筒上，使抓斗升降。抓岩机的回转机构主要是行星齿轮、内齿圈和气动马达。机身与行星齿轮相连，内齿圈固定在吊盘上。HS型气动马达经过蜗杆蜗轮减速后，通过万向接头驱动行星齿轮自转，同时沿内齿圈公转，从而带动机身回转。由于机身回转惯性很大，在蜗杆减速器内装有限矩器，以防传动机构的损坏。为了在回转过程中不间断供给压缩空气，吊盘上静止的压气管通过回转接头与机身内的旋转压气管相连接。由于抓斗容积较大（0.4～1.0m³），升降臂杆的油缸需用6.4MPa的高压油。高压油由活塞式增压器提供。增压器是一个异径活塞，在活塞的大直径一端供给低压油，活塞小直径一端即可提供高压油。为了保证抓斗提升时运行的安全，在气动绞车停止工作时，用弹簧使制动装置保持制动状态，工作时必须首先用压缩空气松开制动装置，才能操作。当抓斗升高靠近臂杆时，为了防止碰撞，设有缓冲装置，抓斗有8个叶片，吊盘也采用水平千斤顶固定。

中心回转式抓岩机一般适用于井筒深度400～600m净直径为4～6m的立井施工，大型的可用于直径7.5m以上，它适合与FJD－6型伞钻和2～3m³吊桶配套使用。为了保证抓岩机有效的工作，吊盘以下尽量少悬吊排水设施和其它管路。

靠壁式抓岩机 中国这类抓岩机有HK型（见下页图3），它和中心回转式抓岩机相似，但不是悬吊在吊盘下，而是用4根锚杆固定在井壁上，因此其机身不能回转，而是由立柱带动臂杆回转。装岩工作结束后将装岩机提到吊盘下安全地带。靠壁式抓岩机适用于围岩坚硬，净直径4～6.5m的井筒，在直径大于6.5m时，应采用2台。

各种抓岩机技术特征如表所示。

抓岩机主要技术特征

技术特征	中心回转式			环行轨道式		靠壁式		长绳悬吊	NZQ_2
	HZ－4	HZ－6	HZ－10	HH－6	2HH－6	HK－4	HK－6	HC	－0.11
生产率（m³/h）	30	50	80	50	80～100	30	50	50	12
抓斗容积（m³）	0.4	0.6	1.0	0.6	2×0.6	0.1	0.6	0.6	0.11
提升力（kN）	27.5	35		35	35	29	40	10	10
提升高度（m）	60	50		50	50	6.2	6.8	700	40
回转角度（°）	360	360		360	360	120	120		
径向位移量（m）	2.45	2.45				4	4.3		
工作气压（MPa）	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7
压气消耗量（m³ min）	17	17	50	15	30	20	40	2	4～5
外形尺寸 长×宽×高（m）	0.9×0.8 ×6.35	0.9×0.8 ×7.1	—	—	—	1.19×0.93 ×5.84	1.3×1.1 ×6.325	3.242 ×2.907 ×1.740	高 4.18～5.78
机器重量（kg）	7577	8077	19216	8580	13636	5450	7340	10290	655
适用井筒净直径（m）	4～6	4～6	≥7.5	5～8	6.5～8	4～5.5	5～6.5	5～8	<5

图 3　HK－6 型抓岩机

1—抓斗；2—臂杆；3—回转支撑机构；4—液压系统；5—气动系统；6—支撑装置；7—机架；8—回转；9—悬吊装置

（张一心　华安增）

zhuangyao

装药　(charge)　装入炮眼或待爆硐室内的包括起爆药卷的炸药。按药包形状有集中装药和柱状装药两种类型。集中装药又称球形装药，一般指长度与直径之比小于4的装药。柱状装药又称圆柱装药，一般指长度与直径之比大于4的装药。工程爆破中常采用改变药包形状或改变装药结构达到预期的爆破效果。

装药结构　药卷(包)在炮眼或待爆硐室中的装填状态。一般有四种型式：①连续装药是药卷（包）密接地装入炮眼中，它结构简单、易于操作，是常用的装药结构；②间隔装药是药卷（包）在炮眼中被分成数段，段间用空气或其他材料隔开，在装药量相同的条件下，它能使装药沿炮眼长度方向上均匀分布或调整装药重心位置；③耦合装药是药卷（包）直径基本等于炮眼直径的装药结构，能在有限的容积内装填最多的炸药；④不耦合装药是药卷(包)直径明显小于炮眼直径的装药结构，其衡量指标是炮眼直径与装药直径的比值，称为不耦合系数，可通过调整此系数，控制炸药爆炸作用到孔壁上的峰值压力，不耦合系数愈大则作用到孔壁上的峰值压力愈小。

在工程爆破中还常将两种装药结构组合为特殊爆破要求的装药结构。①耦合连续装药结构，它装药集中度高，适于机械化作业，主要在大孔径露天台阶爆破中应用。②不耦合连续装药结构，装药沿炮眼方向分布均匀、操作简单、速度快，适于在小孔径炮眼爆破中应用。③不耦合空气间隔装药结构，通过空气间隔使爆炸压力在炮眼长度方向上分布均匀，常用于光面爆破、预裂爆破。④耦合间隔装药结构，它有底部空气垫间隔、中间空气间隔或其它材料间隔等形式，主要用于调整装药重心，降低爆破大块率，常在大孔径台阶爆破中应用。

在露天台阶爆破中，为适应炮眼穿过的岩层软弱变化较大或克服底盘抵抗线过大等问题，也采用在同一炮眼中装填不同威力品种炸药的装药结构，如在炮眼底部装填高威力炸药，而在炮眼其余部分装填一般炸药。

根据起爆药卷在炮眼中的位置不同，有正向装药和反向装药两种结构型式。

正向装药　起爆药包位于柱状装药的外端，靠近炮眼口，雷管底部朝向眼底的装药结构。当起爆药包引爆后，爆轰波由眼口向眼底传播，故又称正向起爆。其特点是雷管脚线较短在装药过程中，易于保护雷管脚线不受损坏，适用于煤巷和回采工作面的浅眼爆破。其缺点是在深孔爆破中，有可能出现爆轰波还未传到眼底或刚过眼底炮泥就已被冲出眼口，或因台阶上部的裂隙已与自由面贯通而出现爆生气体过早泄压，下部岩石受力降低、破碎范围减小、炮眼利用率降低。

反向装药　起爆药包位于柱状装药的里端，靠近或在炮眼底，雷管底部朝向炮眼口的装药结构。当起爆

药包引爆后，爆轰波传播方向从眼底传向眼口故又称反向起爆。由于炸药在爆轰过程中是沿爆轰传播方向逐渐衰减的，眼底部分岩石的抵抗最大而受到的冲击波也最强，有利于发挥炸药的威力。同时，由于炮泥开始运动的时间较正向装药迟后 $t=L/D$ 时刻（式中 L 为炮眼装药长度，D 为炸药爆轰波波速），使爆生气体的作用时间加长，加强应力波对岩石的破碎作用，提高炮眼利用率。

装药长度系数 装药长度与炮眼长度的比值。它是反映炮眼装药集中度、核定炮眼装药量和装药结构是否合理的一个重要指标。装药体积与装药段炮眼体积的比值称装药体积系数。

炮泥 堵塞炮眼的惰性材料，它的主要作用是：保证炸药充分反应，防止爆生气体过早逸出；保持较高的爆炸压力和延长作用时间；防止爆灼火焰、灼热固体颗粒从炮眼口喷出。

炮泥主要靠摩擦力将炸药反应限制在炮眼中。摩擦力来源于炮泥在炸药爆轰波轴压作用下的侧向膨胀与孔壁的相互作用。良好的炮泥必须具有较高的密度、可压缩性、抗剪强度和摩擦系数。常用的炮泥有固体炮泥和水炮泥二种类型：①固体炮泥的主要材料以砂为主、辅以粘土和水的混合物，为保持炮泥潮湿，可在水中加入2%～3%的食盐，在淋水的立井井筒掘进中常用砂子作为炮泥；②水炮泥是用塑料薄膜袋充水用做炮眼填塞物。它不但具有固体炮泥的作用，而且在灼热爆炸产物的作用下形成一层水幕，并蒸发吸收热量，使爆炸产物在即将进入矿井大气时受到冷却，使爆炸火焰快速熄灭，减少引爆瓦斯、煤尘的可能性。使用水炮泥加堵一节波阻抗比水大的固体炮泥（或直接用两个以上水炮泥），可使装药爆炸时在水炮泥一端激起的冲击波和从眼口一端反射回来的冲击波相叠加，产生很高的阻力，减缓水炮泥向外运动的速度。

参考书目

王树仁、程玉生，《钻眼爆破简明教程》，中国矿业大学出版社，1989。

林德余、李智信、邓君华，《上岩爆破文集》（一），冶金工业出版社，1987。

（刘庭辉 林从谋）

zidong dingliang zhuangche xitong shebei anzhuang

自动定量装车系统设备安装 （installation of automatic rated carloading system equipment）

把物料按规定重量以一定程序连续地自动称量并装入车辆的整套设备安装在设计确定部位的工程。自动定量装车系统设备安装包括大型给煤机及带式输送机、装车塔架、装车机械设备及采样设备、配电及电子控制设备安装。全部机电设备安装、调整、试运转后，还要与铁路恒速电机车牵引的单元列车配合，进行全系统按程序控制的自动装载调试试验。

自动定量装车系统设备于70年代中期在美国开始用于粮食称量和装车，以后发展到用于水泥、沙石和煤炭的称量和装车，并逐步形成了多种类型的全自动操作系统，在世界各地广泛采用。1993年第一套中国国产定量装车系统设备在大同矿务局新高山煤炭集运站投产使用。

大型给煤机及带式输送机安装 包括小时通过能力2500～3000t的振动式给煤机及其液力站安装和小时通过能力5200t的带式输送机安装，给煤机安装在煤仓下口，向安装在其下面的带式输送机给煤，再由上仓带式输送机把煤转运到装车塔架上的缓冲仓内。

振动式给煤机由振动料斗和扇形闸门两部分组成。振动料斗的垂直振动分力具有破拱作用，可防止仓内煤流阻塞。料斗用弹性吊臂悬挂在煤仓下口的预埋钢圈上，预埋钢圈在土建施工时埋入混凝土内，要求各预埋圈的位置、方向、标高一致且排列成直线，以便与其下面的带式输送机衔接配合。扇形闸门用钢架支撑在带式输送机上部，由液力站提供液压，推动油缸使闸门开闭，以调节给煤机的给煤量。给煤机内壁衬有不锈钢耐磨衬板。带式输送机的安装方法（见矿井生产系统设备安装）。

装车塔架安装 装车塔是跨铁路线安装的一座钢结构建筑物，总重量约400t，全高36m，共分9层，各层内分别安装装车单机设备。塔架构件在工厂加工、现场按图纸编号组装，全部采用高强度螺栓连接。组装时要测量各层标高和塔身的垂直度，为防止累计垂直偏差超限，各层可在其垂直度偏差允许范围内按正、负值交替相抵来保证。各构件连接后，须使用扭力板手按规定扭矩值进行二次紧固。现场吊装构件和设备可采用大型吊车，也可采用抱杆加回转臂来完成。

装车机械设备及采样设备安装 装车机械设备安装内容包括缓冲仓及其卸煤闸门、定量仓及其检衡装置、摆动装车溜槽及煤流控制闸门的安装。采样设备安装包括初级取料器及输送机、二级取料器、样品破碎机、三级取料器和各级余煤返回装置的安装。上述两部分设备共用的液力站及液压管路也要随之进行安装。

（1）缓冲仓在现场组装成矩形箱体并焊接在装车塔架的横梁上，缓冲仓有4个方形卸料口，分别安装双叶平板式卸煤闸门，闸门平板支承在辊子上，由各自的液压油缸伸缩来使闸门开闭。闸门的出煤颈管插入定

量仓顶盖开口内，中间用胶面尼龙布作软联接，可防止煤尘飞扬。定量仓为一漏斗形结构，内部的耐磨钢板在组装时用塞焊法与外部钢板结合。定量仓由4个压力传感器支承，其下面的塔架承重横梁的挠度不大于5mm，每个传感器安装倾斜度误差不大于0.5度。定量仓两侧设置4个1000kg砝码，平时放在钢结构地板上与定量仓分离，不干扰定量仓称重作业，检衡时由定量仓外壁上的油缸提起，用阶梯法调整计量仪读数，使定量仓的静态称量精度达到0.05%。定量仓下部法兰上固定一个内溜槽，内溜槽外部套一个外溜槽，外溜槽可绕内溜槽旋转，用于定量仓存煤和放煤，外溜槽尾部安装的扇形闸门用来装车和二次调节装车计量。

(2)采样设备一般在工厂完成单机组装试验，现场分别安装在各自的位置。各级取料器取料次数可调，以适应不同列车装煤总量的变化；各级煤样输送机的速度可调，以满足上级不同取料量的运送；各级取料后的余煤，通过余煤返回装置返回到缓冲仓或定量仓中。

(3)液力站主要由油泵站、贮能器、控制阀组和安全装置组成，向装车机械设备和采样设备提供油液动力。贮能器可用来提供瞬时大流量压力油，满足快速开闭闸门的要求，在系统突然停电时还可迅速关闭各闸门。液压管路安装后，一般先用煤油正反两个方向各清洗1—6h，如管子内壁生锈则先要用除锈液清洗后再用PH值为9.5的柠檬酸液中和、钝化，清除内部脏物，其清洁度一般以连续4h循环不堵塞过滤器网或取样化验清洁度达到规定为准。然后，用氮气进行压力吹净，以进一步清除内部脏物和清洗液。最后用规定标号的液压油循环运行2～4h后放净，即可正式注油试车。

配电及电子控制设备安装　包括电动机控制中心的高、低压配电及启动设备安装，电子控制室微机设备和仪表安装，称量用电子皮带秤和电子轨道衡安装，煤位探测和信号通讯设备安装，最后将各设备仪器用电线电缆连接成控制、检测和保护网络。各缆线要按图纸编号悬挂永久标志，以便日后检查识别。

设备和系统调试　是设备正式投产运行前所作的设备最终检查及设计参数和技术性能试验调整。起动试运转工作，包括单机试车和全系统设备联合试运转两个阶段。联合试运转又分无负荷运转和带负荷运转，一般在无负荷运转正常后，带负荷运转8～16h才可交付使用。

(陈　坚)

zonghe zhujiangfa

综合注浆法　(comprehensive grouting method)　是苏联煤炭行业注浆技术专家在立井地面预注浆工艺研究和实践中所获成果的综合表述，也是对这些较科学化、完善化的立井地面预注浆综合工艺所给予的新命名。它的实质意义在于：①全面地搜集、分析岩层裂隙的性质及有关的工程、水文地质参数，并采用钻孔内水力动力学方法、利用孔内仪器测试工程计算所需的客观资料；②有确定的含水层堵水与加固全过程的工程计算方法，用以求算各含水层(组)隔水帷幕的应有尺寸和各孔浆液的扩散范围，并据以确定孔位，孔数和浆液注入量；③采用定向钻进技术打注浆钻孔，地面开口位置远离井筒中心，下部注浆工程不致影响上段凿井，斜向钻孔也利于穿透高角度的裂隙；④采用以粘土为主要材料的注浆浆液，既可降低工程造价，又可提高充填结石体的密实性；⑤在注浆过程中对浆液质量及各种注浆参数实施连续的监测与调整；⑥仪器设备系列化专用化，构成可移式的注浆设备体系及专业化的施工队伍。

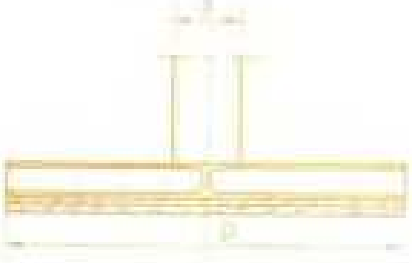
苏联STG注浆地质公司，于1959年后首先采用综合注浆法获得良好注浆效果，随后得到广泛应用。据1970至1979年采用综合注浆法施工的20个井筒的资料表明，最大注浆深度1027m，全井剩余涌水量为0.3～4.7m^3/h，堵水率大于99.3%。东欧一些国家200多个矿井采用该法，井筒剩余涌水量降到5m^3/h以内，在裂隙岩石中注浆可靠性达到99%。

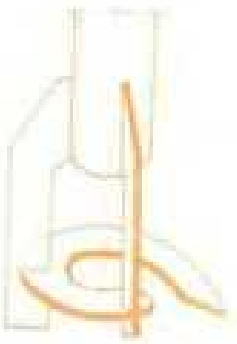
中国于20世纪80年代研制成功了KWS型系列止浆塞，同时并发出CL—C型浆液，利用国产TSB—1000型钻机、4m^3卧式泥浆搅拌机、YSB 300/200型液力调速注浆泵和DSB—300型电动水泥泵、MDS 1型流量测井仪等组成的注浆施工系统，已具有综合注浆法的基本素质。1991年在付村煤矿高压井进行综合注浆法工业性试验获得成功，钻注效率348.75m/台·月，全井剩余水量1.9m^3/h，堵水率达99.35%。1992～1993年又完成了淮南谢李矿主井40～490m井段的注浆，预计井筒剩余涌水量3.67～7.84m^3/h，堵水率99%以上。已经采用的DZJ500-1000型冻结注浆钻机、纠偏定向钻进技术及高效能的FJ—50型粘土粉碎搅拌机，使中国综合注浆法的工艺技术得到进一步的完善和提高。

(赵大奎　徐文达)

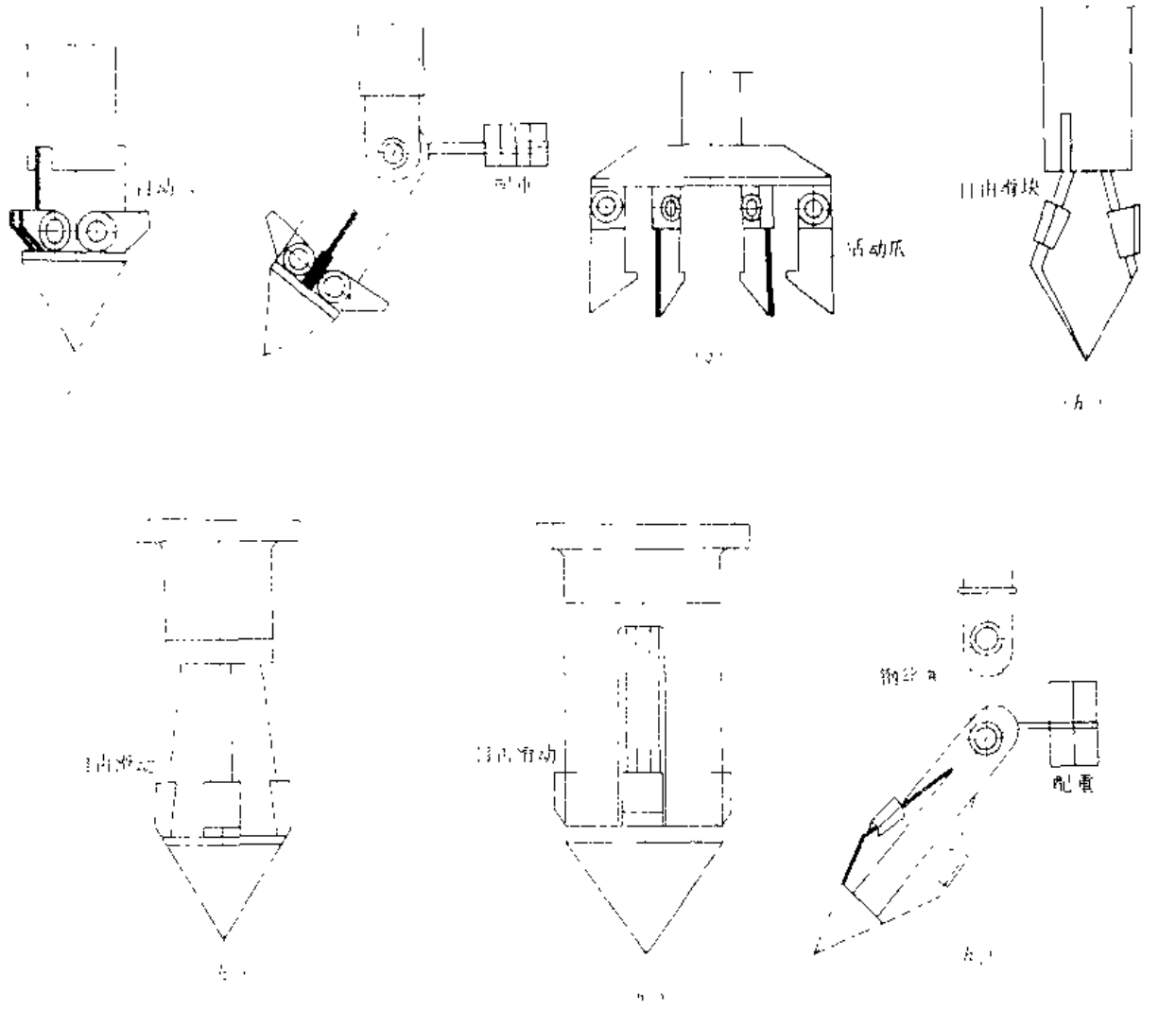
zuanjing dalao gongju

钻井打捞工具　(fishing tool of shaft drilling)　打捞钻井井内掉落物的器具。当钻具等物坠入充满泥浆的井筒时，必须采用特殊的方法和专门的工具打捞。打捞前用印模探测器探明掉落物的深度、方位和在井底的状态。印模探测器为骨架圆盘式









打捞工具结构示意图

a—非磁吸式；*b*—电磁吸式打捞器；c_1—单板钳式打捞器；c_2—矩型长颈钳式打捞器；c_3—非对称钳式打捞器；c_4—箱型自动锁式打捞器；d_1—同心型式打捞器；d_2—偏心圆型钩挂式打捞器；d_3—改接钩挂式打捞器；*e*—双钩门式打捞器；f_1—三翼固定卡式打捞器；f_2—四翼改接卡式打捞器；*g*—六翼篮式打捞器；*h*—三翼固定卡式打捞器；h_2—三叶收生四翼卡式打捞器；h_4—四翼增强卡式打捞器；h_5—柔性连接三翼卡式打捞器

(见上页图*a*)，圆盘下焊有螺纹钢筋网，将粘性极强的粘土、羧甲基纤维素增稠剂、麻刀混合后，均匀涂于钢筋网上，面层涂一层油脂，探测时，用钻杆慢慢将其送入井下，当它和掉落物接触时，掉落物上表面的凸缘即可在盘面上留下印痕，然后将印模探测器提出，再根据印痕的形状、深浅等资料，分析确定掉落物在井下所处的深度、方位、状态等，以便有针对性的选择或制造打捞工具。

打捞器结构示意如上图，分为电磁吸式、钳式、挂式、钩式、卡式、抓式及胀式等多种类型。

电磁吸式打捞器 以单芯电缆缠绕粗径圆钢，做成棒形或马蹄形，通入强大的直流电源，形成强有力的磁铁。可捞起重量不超过 1t 的滚刀及其他掉落的钢铁件。

钳式打捞器 利用钳形夹持原理，设计成单板式、箱式的对称或非对称型打捞钳，用绳索在地面控制钳口开合或利用偏心重锤做成制锁机构，使其开口下放，接触掉落物后受阻即闭合，夹住掉落物体。常用于打捞滚刀、吸收器。加长钳腿可打捞斜置的钻头或翻转倒置的钻头刀盘。

挂式打捞器 有同心和偏心型式，连接上又分固定式和铰接式。同心固定式常用于打捞直立井底且上部有凸缘的钻具，偏心铰接式的则便于打捞斜卧井底的钻具。

钩式打捞器　有单板单钩或钩嘴方向相反的复板双钩型式，可分别钩取斜置刀盘和直立井底上部有辐射梁的钻头。

卡式打捞器　利用卡爪的偏心重力作用，设计成三翼或四翼形可以自动翻转的卡子，当卡爪进入钻头中心孔的空腔时，卡爪自动张开，卡住钻头并捞出。

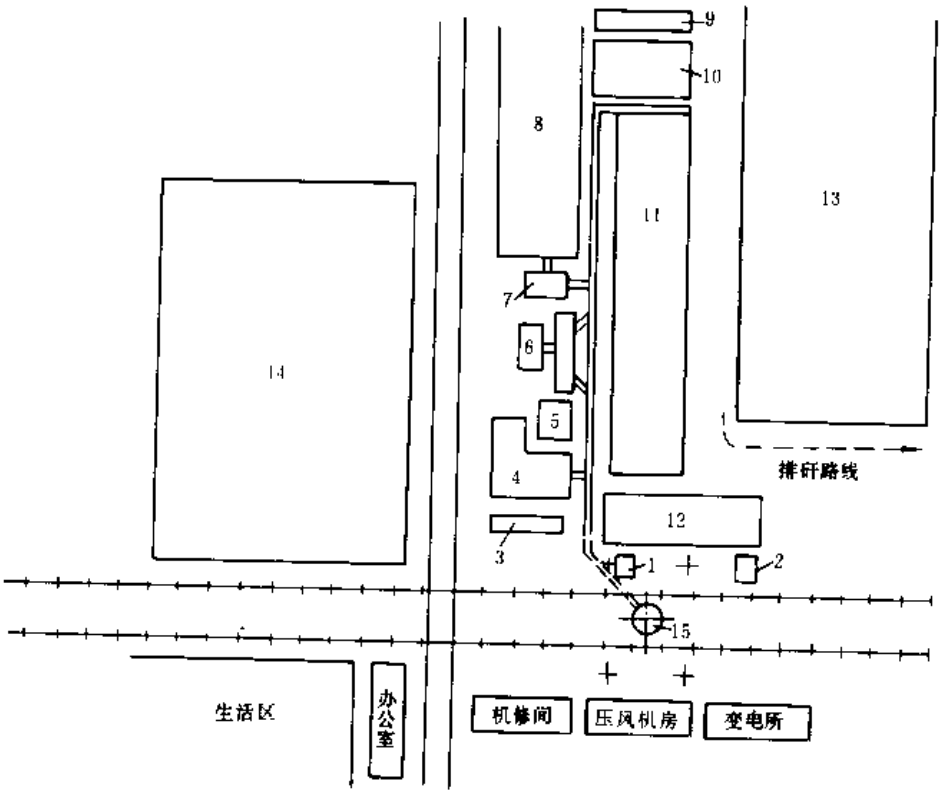
抓式打捞器　当钻头上部有较大直径法兰盘且中心管内孔又被异物堵塞时，可设计成蟹式多爪抓取器具，利用杠杆原理，将爪片撑起，在打捞器和法兰盘接触时，撑杆被碰脱，爪片在重力作用下，抓住法兰盘下缘，将钻头或刀盘体捞出。

胀式打捞器　若掉落钻头只有中心通孔可以利用，孔内又无挂卡条件，可采用三翼、四翼或六翼的内胀或外胀式打捞器具。根据探测资料，可做成直立固定、偏心导向、倾斜配重、柔性等连接形式，再辅以地面引导措施，控制其入孔压力，使之进入钻头中心孔内，楔形滑块在重力作用下自动下滑抵住孔壁，提升时倒置楔形锥体即迫使滑块"压向"孔壁，从而产生足够的捞取张力。上述打捞器，在中国安徽淮南、淮北等矿区钻井工程应用中，获得了很好的实用效果。

（孙　杰）

zuanjingfa jingchang buzhi

钻井法井场布置　(layout of shaft drilling site)　钻井法凿井的工业广场平面布置。包括钻井机、压气和泥浆地面系统、井壁预制物、有效场地、起吊运输系统、壁后充填系统、供电系统、场内道路、排渣场及有关临时设施等的布置。煤矿井筒采用钻井法凿井时，需在井口附近预制、存放井壁及采用以自然沉淀法为主的泥浆净化工艺，因此井场占地面积一般较大。钻井法井场布置实例见图。



钻井法井场布置实例

1—钻机操作室；2—下井室；3—井口值班室与库房；4—泥浆调节池；5—泥浆试验室；6—泵房；7—旋流器；8—泥浆搅拌站；9—井口

钻井法井场布置的基本原则与普通法凿井是一致的，要保证钻井正常施工、便于钻井结束后设备拆除、便于场地恢复原状、有利于后续工程的接替，一般还需补充以下要求：①满足钻井施工各项工艺要求，力求紧凑以减少占地；②泥浆系统及排渣场地，应避开永久提

升机房通风机房、风道等的位置，且要尽量远离井口，以保持井场良好的卫生环境；③压风机房与井口应保持合适的距离，既要避免机器振动影响井筒的临时支护，又要减少风压的沿程损失；④由于井架、龙门吊车及挖掘机的悬臂相当高，并经常移动，因此高压线不允许穿越井场；⑤龙门吊车轨道应尽量沿井场的长度方向布置。存放和检修钻头的场地应布置在靠近井口龙门吊车轨道内，便于起吊、安装和运输。龙门吊车可穿越井架时，井壁的堆放场可布置在井架两侧，尽量采用双排双层的形式紧凑堆放，以便减少吊车轨道长度和便于吊运；⑥用一台钻井机先后施工井场内两个井筒时，龙门吊车轨道应沿两个井筒连线的方向延长布置。采用两台钻井机同时施工两个井筒时，应尽量共用一套泥浆系统和井壁预制场等设施。

（陈瑞孟　柏万禄）

zuanjingfa zaojing

钻井法凿井　(shaft drilling method)　简称"钻井法"。用钻井机钻凿立井井筒的施工方法。它是通过专用钻井机具和特有的工艺系统来实现破岩、排矸和支护等凿井基本工序的（见下页图），即：用压贴在岩面的旋转钻头实现机械破岩，钻头的旋转力矩由地面设置的转盘或动力头提供，钻头对岩面的压力（称钻压）则来自钻头自身的重量，由钻井提升机提吊力的大小来调节钻压，可采用一次全断面钻进或分级扩孔的方式钻凿井筒；在钻井井筒中充满钻井泥浆（或其它洗井液），对裸露的井帮施以临时支护的作用，借助泥浆由井底至地面的循环过程冲洗破岩工作面并将岩屑携带到地面泥浆池自行沉淀或机械清洁，实现井筒排矸；当钻井井筒达到预计的直径、深度之后，再在充满泥浆的井筒中悬浮下沉由井壁底和井壁节组成的永久井壁筒，最后用充填材料对永久井壁与钻井井帮之间的空隙进行充填固井，完成井筒永久支护作业。这种凿井方法的主要技术特点是对不稳定围岩实施了同步支护，故能适应复杂的工程地质条件，特别是通过深厚含水冲积层的凿井工程，施工机械化程度高，永久支护形成之前无需人员下井作业。

起源与发展　用钻井方法开凿矿井井筒始于19世纪50年代，即德国采矿工程师金德（Kind）用冲击式钻机采用扩孔法钻凿了直径4.15m、深110.13m的井筒，成为当时通过复杂含水层凿井的有效方法之一，所以在德、法、比等国得到了广泛应用。到19世纪70年代，德国工程师霍尼格曼（Honigmann）用旋转式钻井机先后试验钻进了数个直径为3.2～4.5m、深度106～108m的井筒，并于1894年获得钻井法凿井的专利权。1954～1960年期间，德国人在荷兰钻凿贝娅特丽克丝（Beatrix）矿的Ⅰ、Ⅱ号矿井，穿过的覆盖层厚度达480m，其中主要是第三纪松软含水层，采用分级扩孔的钻进方式，最终钻井直径7.65m，钻井深度分别为512m和505m。

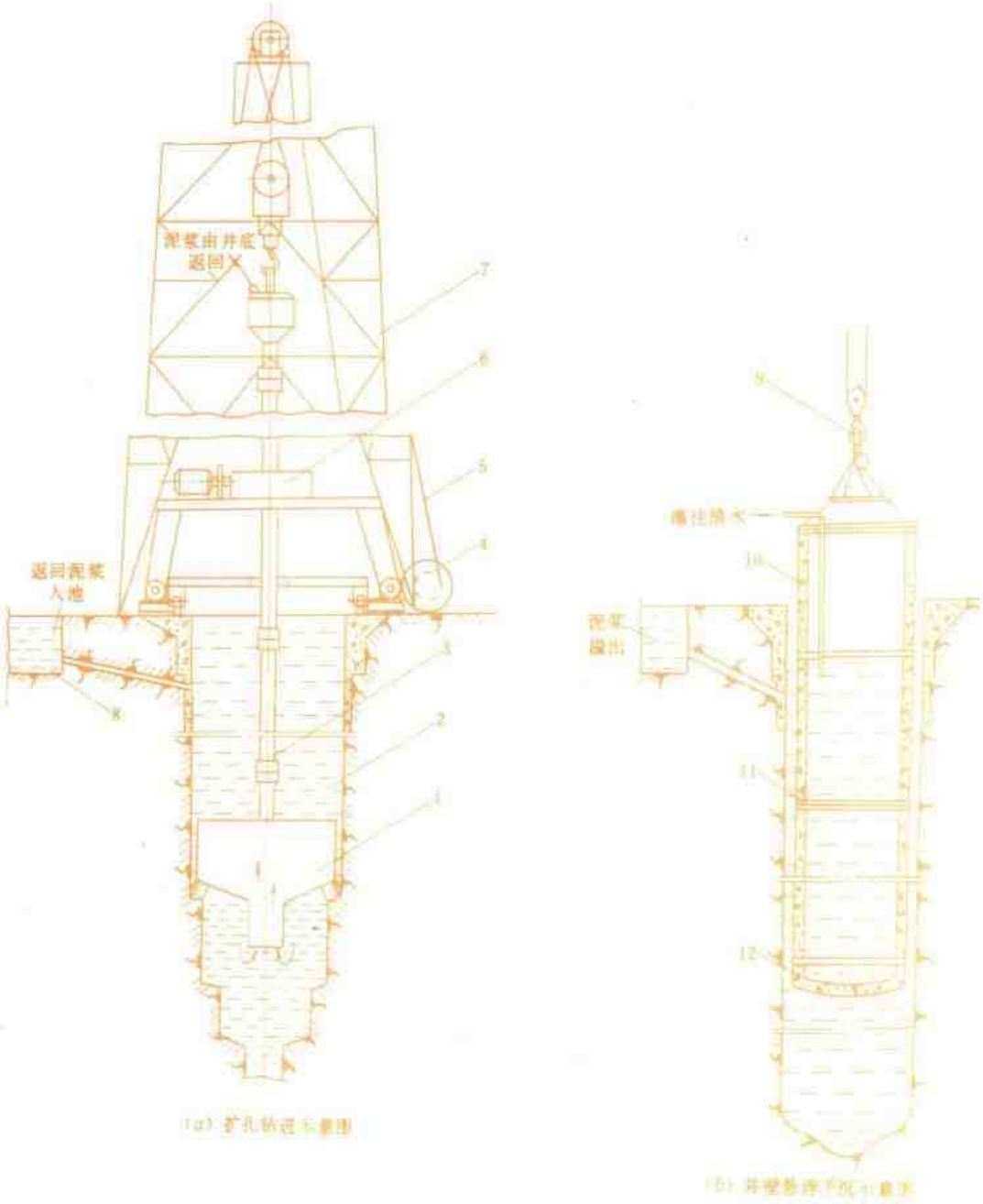
美国于20世纪初引进钻井技术，1950年建立了大直径钻井技术试验站，1969年钻凿一个直径5.05m、深238.96m的风井井筒，包括钻井设备的拆装，总工期仅用6个月。由于地下核试验对小直径深井的需求，促进了钻井法的应用发展，其中包括美国原子能委员会1972年在硬岩中钻进的一口直径2.28m、深1910m的核试验井。

苏联钻井法凿井技术的研究始于20世纪30年代，50～60年代先后研制了旋转式钻井机、取芯式钻井机以及反作用涡轮式钻井机组及其相应的钻井工艺，并进行了试验和工业应用，1964～1974年研制并使用了大型的ЗЗТМ-8.75型钻井机，钻完一口直径7.5m、深304m的立井。

中国于1969年在淮北矿区朔里煤矿南风井，首次进行钻井法凿井工业性试验并获得成功，随后研制了较大的ZD-1型、SZ9/700型（AS9/500型）、BZ-1型煤矿专用钻井机，至1992年1月，已钻成各种直径的矿山立井42个，累计深度达9589.061m，其中最大的钻井直径为9.3m，最大的钻井深度达508.2m。淮南矿区潘二西风井，钻井直径9.0m，钻井深度508.2m，钻井穿过的不稳定冲积层累计厚度达140.8m，标志着中国钻井法凿井在类似地质条件下达到了国际先进水平。

问题与展望　钻井法凿井的主要适应范围是通过复杂条件的含水冲积层，但仍需在局部或某些井段穿过硬岩。因此，近年来中、美、德、俄等国对钻井法凿井设备、工艺及破岩刀具进行了广泛研究和改进，使钻井法在穿过硬岩地层凿井时成本逐渐下降。然而，采用井上动力和泥浆（清水）洗井的钻井工艺方式，对于钻凿大直径含岩井筒来说，其技术经济效益还远未能达到预期效果。但是，钻凿各种小直径井筒的技术经济问题，获得了较好地解决，1960～1983年期间，美国钻凿原子能试验井六百多个，近年来俄罗斯、乌克兰则将大量小直径钻井井筒用于各种工业领域，中国国防工业亦成功地应用了小直径钻井。

中国钻凿煤矿立井工程的工艺技术仍存在诸如完善充填固井工艺、改进泥浆净化与废浆处理的工艺和设备、完善测斜方法和防偏措施，以及现实面临深度达700m的大直径井筒的钻凿设备与相应工艺等进一步提高完善的问题。



钻井法凿井工艺示意图

1—扩孔钻头；2—充满泥浆的钻井井筒；3—钻杆；4—钻井提升机；5—提升钢丝绳；6—转盘；7—钻井井架；8—地面泥浆池系统；9—大钩；10—预制井壁节；11—井壁节接头；12—井壁底

（徐文逵　张永成）

zuanjingji

钻井机　(shaft-boring machine)　又称立井钻机。在地面操纵和驱动井下大直径钻头钻凿立井井筒的机器设备，由旋转、提升、钻具、洗井四个主要系统和操作平台组成。旋转系统驱动钻具系统转动，同时提升系统将钻具系统缓慢下放（又称给进），藉钻具系统的刀具实现连续的机械破岩，钻屑由洗井系统藉泥浆的流动及时清除并将其携带到地面。

钻井机分类　按主机驱动方式分为液压驱动和直流电动机驱动两大类；按提升方式分为钢丝绳提升和

油缸提升两大类；按旋转机构型式分为转盘式和动力头式两大类。

钻井机主要类型 中国煤矿专用钻井机是以钻进冲积层为主，只钻进部分岩石。其中比较典型的是AS－9/500型钻井机（图1），四柱钢架塔形钻井井架为主要承力部件，由钻井提升机、钢丝绳、天车、游车、气动抱钩、气动抱卡组成提升系统，直流电动机驱动钻井提升机带动钢丝绳，通过复合滑轮组（天车、游车）增力，游车与气动抱钩连接，气动抱钩以压缩空气为动力自动合拢或张开，抱住或松开钻杆，与安装在转盘上的气动抱卡配合，完成起下钻具的工作。安装在钻台（即操作平台）上的转盘由直流电动机驱动，通过主动钻杆、钻杆带动钻头旋转。用花键－牙嵌套式钻杆接头，花键传递转矩，牙嵌套传递拉力。钻进时游车－气动抱钩吊住水龙头、主动钻杆、钻杆的全部重量和钻头的一部分重量缓慢下放（即给进，此时钻头的另一部分重量压在井底工作面上形成钻压），与此同时转盘带动钻头旋转即可实现破岩钻进。水龙头（又称三通）连接

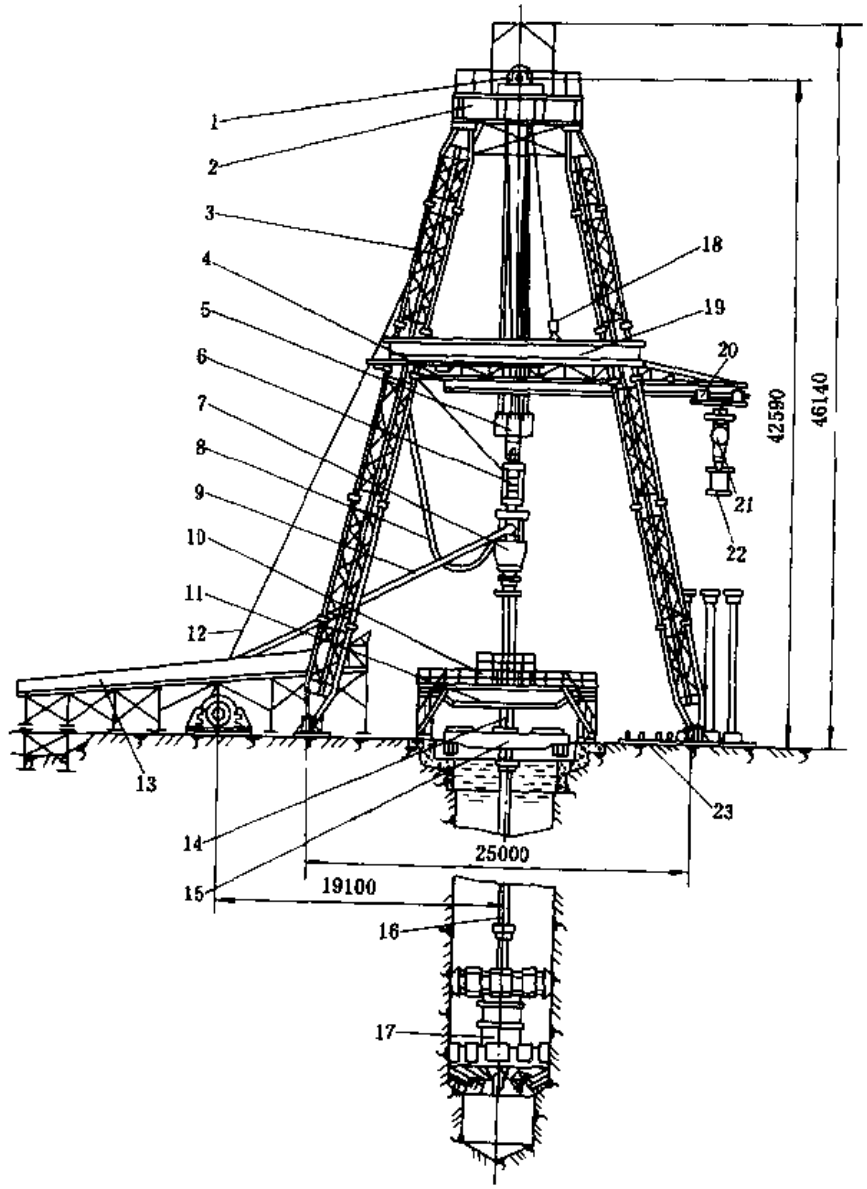


图1 AS－9/500型钻井机示意图

1—天车；2—天车平台；3—钻井井架；4—水龙头吊挂车；5—游车；6—气动抱钩；7—水龙头；8—风管；9—排浆管；10—转盘；11—钻台；12—钻井提升机与钢丝绳；13—排浆槽；14—主动钻杆；15—封口盘；16—钻杆；17—钻头；18—拉力传感器；19—平台；20—钻杆吊车；21—电动葫芦；22—钻杆小吊卡；23—钻杆仓

旋转的主动钻杆和不旋转的气动抱钩、通过风管送入反循环洗井用的压气，并排出自井底携带钻屑上返的泥浆。封口盘用于封闭充满泥浆的井口和起下钻时卡住钻头。

中国产SZ－9/700型和ND－1型钻井机与AS－9/500型相近。

中国产BZ－1型钻井机的特点是采用可移动的龙门吊式钻井井架，除钻井外还可离开井口吊运钻头或井壁，取消了大型门式起重机，采用两组复滑轮系统，用设置在两个游车之间大梁上的气动抱卡代替气动抱钩。

前苏联生产的Y3TM系列钻井机的主机驱动方式、提升方式和旋转机构型式与AS－9/500型钻井机相近，УКБ系列钻井机的特点是在钻进岩石时采用取芯方法，适用于钻凿小型井筒。

德国生产的L系列钻井机是采用由大直径钢管和斜撑构成的“A”型钻井井架，提升机与转盘采用液压驱动，钻台是对开式，可取代封口盘起封闭井口和卡住钻头的作用，风管附在钻杆外侧，钻杆采用法兰盘－高强度螺栓连接以传递转矩和拉力。该类钻井机没有大钩，用拆、装螺栓的办法取代。

美国生产的CSD系列钻井机（图2）主要适用于岩石钻进，以CSD－300型为例，它用四个液压缸提升，旋转机构采用液压驱动的动力头，即将转盘与水龙头合一，取消了钻台，液压缸和动力头的壳体是主要的承力部件，门式井架只用于液压缸和动力头升降的导向和克服钻进时动力头产生的反扭矩。没有主动钻杆，动力头直接与双层钻杆连接，内层钻杆的内腔是泥浆上返的通道，从内、外层钻杆之间的环形空间注入压力达3.5MPa的压缩空气和高压水，在井下进行水气分离，压缩空气用于压气反循环洗井，高压水经钻头上的喷嘴喷出，冲洗井底工作面的岩屑。

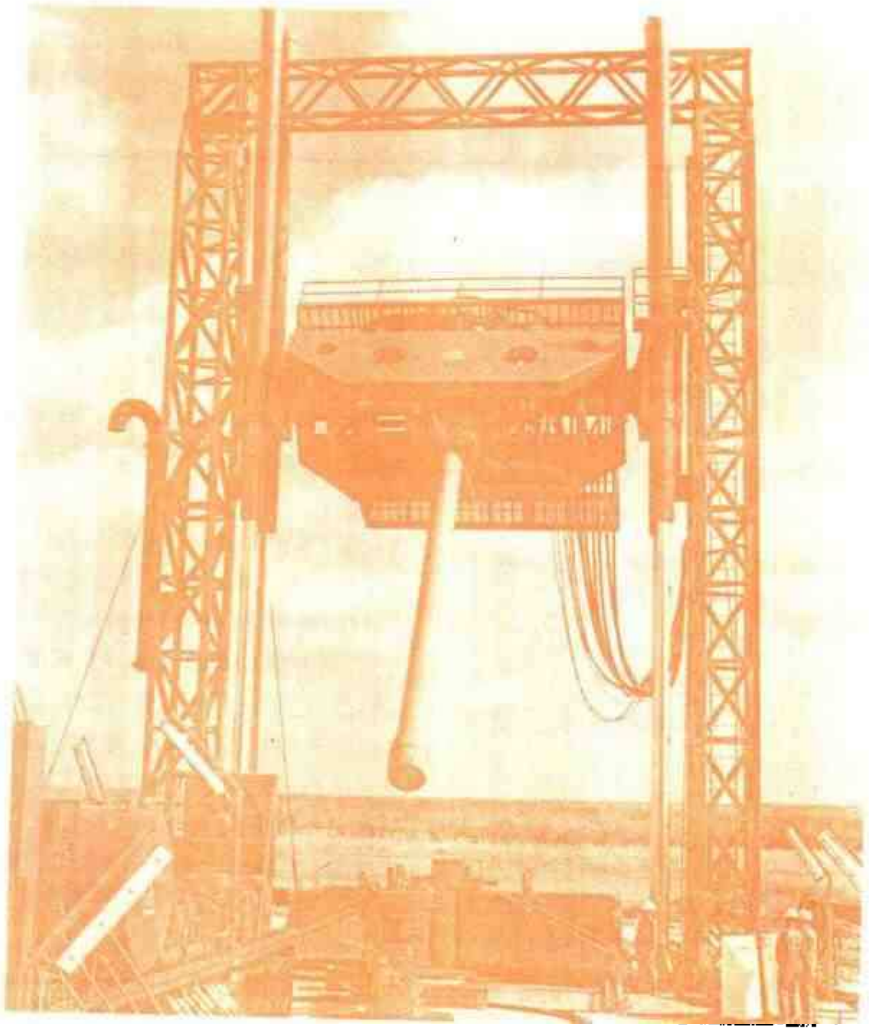


图2　CSD－300型钻井机

钻井机的主要参数主要包括：钻井直径和深度；最大提升能力和提升、下放速度；旋转系统最大输出转矩和转速。几种典型钻井机的主要参数见表1。

钻井机工作程序 视钻井机的型式略有差异，以AS－9/500型钻井机为例，从下钻开始主要程序如下：①钻台移离井口；②用门式起重机将钻头吊运到井口，打开封口盘，将钻头放入锁口后用封口盘卡住，门式起重机移离井口；③钻台移到井口就位；④在封口盘上将第一根钻杆与钻头连接，用气动抱钩将钻头稍微吊起，打开封口盘后将钻头及第一根钻杆下放，直到气动抱卡卡住钻杆尾部台阶，松开气动抱钩，在钻台上依次接好全部钻杆；⑤将风管逐根接到需要的长度；⑥将水龙头、主动钻杆、最后一根风管（三者始终连在一起）移到井中心并接好（至此下钻工序结束，在上述过程中提升系统均以快速提放）；⑦打开输气管道阀门，压缩空气通入，洗井系统投入工作；⑧启动转盘，提升系统慢速下放，至钻头接触到井底时（有钻压显示），即可按拟定的钻进参数进行正常钻进，此时在控制台上会有主要参数（提升力、钻压、转盘转速、给进速度和电动机的电流电压等）的显示，以观察钻进情况。钻进结束或需提钻时按相反程序进行。

表1 典型钻井机的主要参数

项目	钻井机型号				
	AS－9/500	BZ－1	УЗТМ－8.75	L－40/800	CSD－300
钻井深度（m）	500	250	800	600	610
钻井直径（m）	9	6.5	8.75	8	6.1
最大提升能力（kN）	3800	1400	5000	4000	9070
提升（下放）速度（m/min）	0～5.3～14	0～12.3	2～6	3.2～20.8	0～4.94
给进速度（m/min）	0～0.108	0～0.15		0～0.19	0～4.94
输出转矩（kN·m）	300	120	500	420	690
转速范围（r/min）	0～11.4	0～19.2	5～30	0～8	0～17
装机总电容量（kW）	1400	1000	3230	1020	835
设备总重量（t）	1000	500	2027	1000	1000

注：中国产ND－1、SZ－9/700型钻井机的参数与AS－9/500型相近。

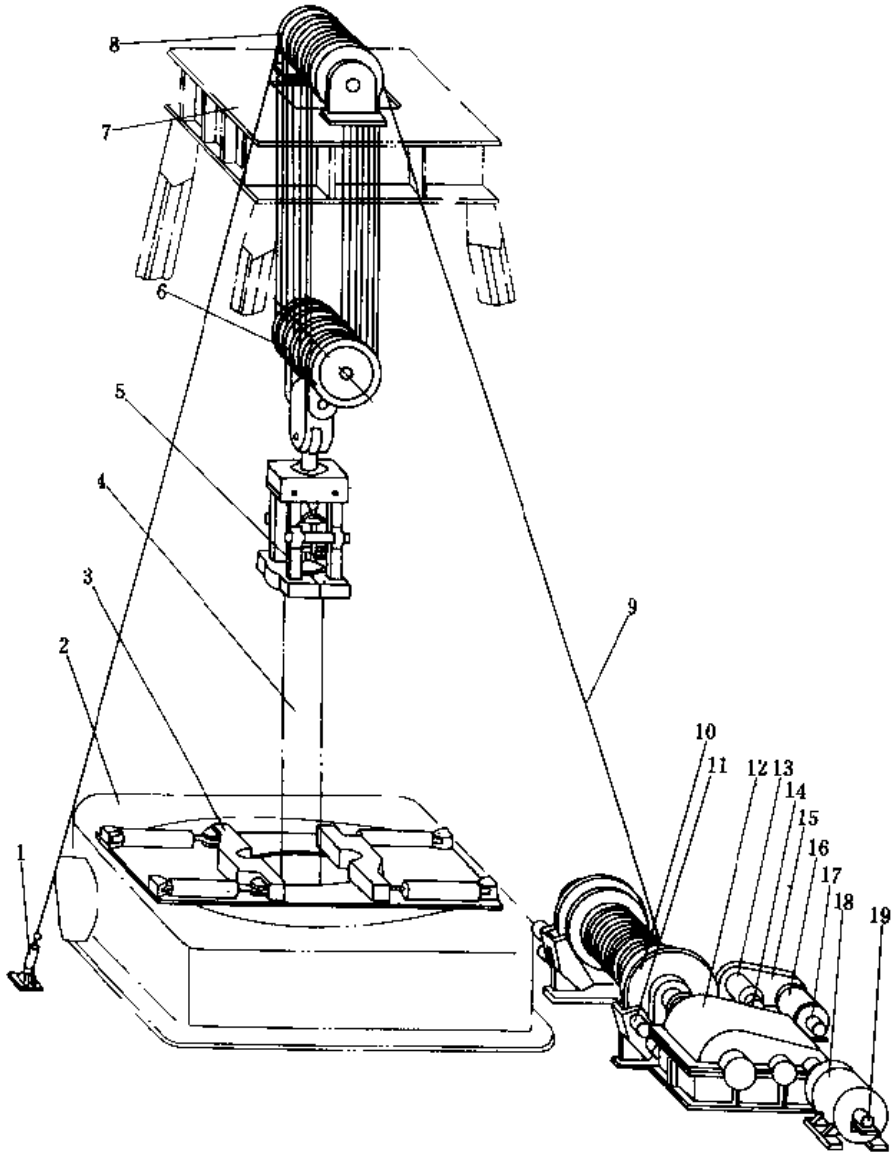
（王 纬）

zuanjingjitisheng xitong

钻井机提升系统 （hoisting system of shaft-boring machine） 提供钻井机起吊力的主要部件。其作用是：①钻进时吊住钻具，并以恒速或恒钻压两种方式慢速下放（给进），配合钻头旋转完成钻进；②起下钻时吊住钻具快速提升或下放，逐根连接或拆除钻杆；③下沉井壁时吊住井壁的一部分重量，起导向和控制速度的作用；④BZ－1型钻井机的该系统还可吊运钻台、钻头、井壁节等。

钻井机提升系统均可无级调速，以满足不同提升、下放速度的要求。钻井机提升系统有两种类型。第一类由油缸-提升架-抱卡组成，系统比较简单，但受油缸长度限制，提升高度较小，只能恒钻压给进，没有恒速给进，如美国的CSD－300型钻井机，中国煤矿钻井机尚未采用。第二类由液压马达或直流电动机驱动的提升机-钢丝绳-天车-游车-气动抱钩－气动抱卡组成（见下页图）当井架具有较大的提升高度时，可以恒钻压或恒速给进。由于提升和钻进速度相差很大，在提升机传动系统中一般需要串联大、小两个减速器，并由大、小两个液压马达或两个直流电动机分别驱动。提升机的提升能力一般不大于400kN，需利用多联的复合滑轮系统增力，定滑轮为天车，动滑轮为游车，如采用7联的游车，不计传动效率，提升系统的提升能力可增大14倍（提升速度相应的变为1/14）。

钻井机提升系统一般需要专用的吊具悬吊钻具，L－40/800型钻井机采用简单的法兰盘，用高强度螺栓装置起吊钻具；BZ－1型钻井机是采用游车梁上的抱卡；AS－9/500、SZ－9/700和ND－1型钻井机均



AS－9/500、SZ－9/700 和 ND－1 型钻井机提升系统示意图

（注：序号 2、4、7 三个部件不属于提升系统；序号 10～19 个部件合称提升机）

1—拉力传感器；2—转盘；3—抱卡；4—钻杆；5—气动抱钩；6—游车；7—钻井井架；8—天车；9—钢丝绳；10—卷筒；11—盘式端面制动器；12—大减速器；13—小减速器；14—离合器；15—传动链；16—给进用直流电动机；17、19—直流测速发电机；18—提升用直流电动机

采用抱钩。抱卡和抱钩都用气缸推动，合拢或张开时，抱住或松开钻杆，与安装在转盘上的另一个抱卡交替工作，以完成起下钻工序。

钻井机提升系统的提升力可反映钻具总重量和钻进时的实际钻压，（又称钻井机进给力，指钻井机钻头刀具给予钻井井底的垂直力，）是最重要的钻进参数之一，需进行测量和显示，最简单的办法是在钢丝绳的固定端设置拉力传感器，测得单根钢丝绳的拉力，经过计算后在控制台上显示出提升系统的实际负荷，由于滑轮传动效率的影响，同样的负荷在提升和下放时会有不同的显示，计算过程也会产生误差，在复合滑轮但运转正常的情况下，此误差不致影响计算。BZ－1 型钻井机是在天车座下设置压力传感器，直接测量提升系统的实际负荷，消除了复合滑轮组效率误差和计算误差。

中国几种常用的钻井机提升系统主要性能参数见下页表。

中国钻井机提升系统主要性能参数表

项目		钻井机型号			
		AS—9/500 (SZ—9/700)	ND—1	BZ—1	L—40/800
提升系统	提升能力 (kN)	3800	3900	1400	4000
	提升速度 (m/min)	0～5.3～14	0～5.7～9	0～5～12.3	3.2～20.8
	给进速度 (m/min)	0～0.108	0～0.104	0～0.15	0～0.19
	主电机功率 (kW)	400	400	125	400
提升机	钢丝绳直径 (mm)	41.5 (39)	42	21.5	42
	卷筒直径 (mm)	1100	1200	700	882
	卷筒长度 (mm)	1600	1500	2584	1020
	卷筒容绳量 (m)	516	550	222	210
	制动器结构	盘式端面	盘式端面	电磁液压	带式刹车
	总重量 (t)	41.3 (39.7)	45.9	30	25
天车	滑轮数量	8	8	2×6	8
	滑轮直径 (mm)	1100	1300	900	900
	总重量 (t)	7.4	8.8	3	7
游车	滑轮数量	7	7	2×6	7
	滑轮直径 (mm)	1115	1300	900	900
	总重量 (t)	7	16	13	15.5
吊具	结构型式	气动抱钩	气动抱钩	气动抱卡	法兰盘
	负载能力 (kN)	4000	4000	1400	4000
	总重量 (t)	5.1	5.1	3	—
抱卡	结构型式	对开 (摆动)	对开	对开	对开
	工作动力	气动 (手动)	气动	气动	液压
	总重量 (t)	1.95 (1.05)	3.1	1.82	—

(王 纬)

zuanjingji tuodong yu kongzhi

钻井机拖动与控制 (drive and control for shaft-boring machine) 按钻井工艺要求完成驱动和控制钻井机转盘、提升机等运转的设备和系统。按动力形式不同可分为两类，即电力拖动与控制系统、液压拖动与控制系统。中国主要采用电力拖动与控制系统，该系统包括三个子系统：转盘拖动与控制、提升机拖动与控制和给进拖动与控制。现代钻井机均采用晶闸管整流直流拖动装置和由电子技术构成的控制调节系统。

转盘拖动与控制 用直流电动机驱动转盘旋转，传给主动钻杆及钻杆，带动钻头旋转破岩。根据岩石、刀具、井径及泥浆冲洗效果和临时支护等不同要求，可改变转盘转速值，经控制系统自动调节拖动电机转速来实现。当设备和工艺出现卡钻头等异常现象时，控制系统将自动降低转速保护设备不受损坏。

提升机拖动与控制 直流电动机驱动提升机卷筒旋转，经钢丝绳、复合滑轮组和大钩等悬吊系统实现提升或下放钻井钻具。按工艺要求需改变提升机给定速度或改变运转方向时，经控制系统自动调节拖动电机来实现。当出现实际速度超过给定值等异常现象时，控制系统将自动紧急安全停车保护设备。

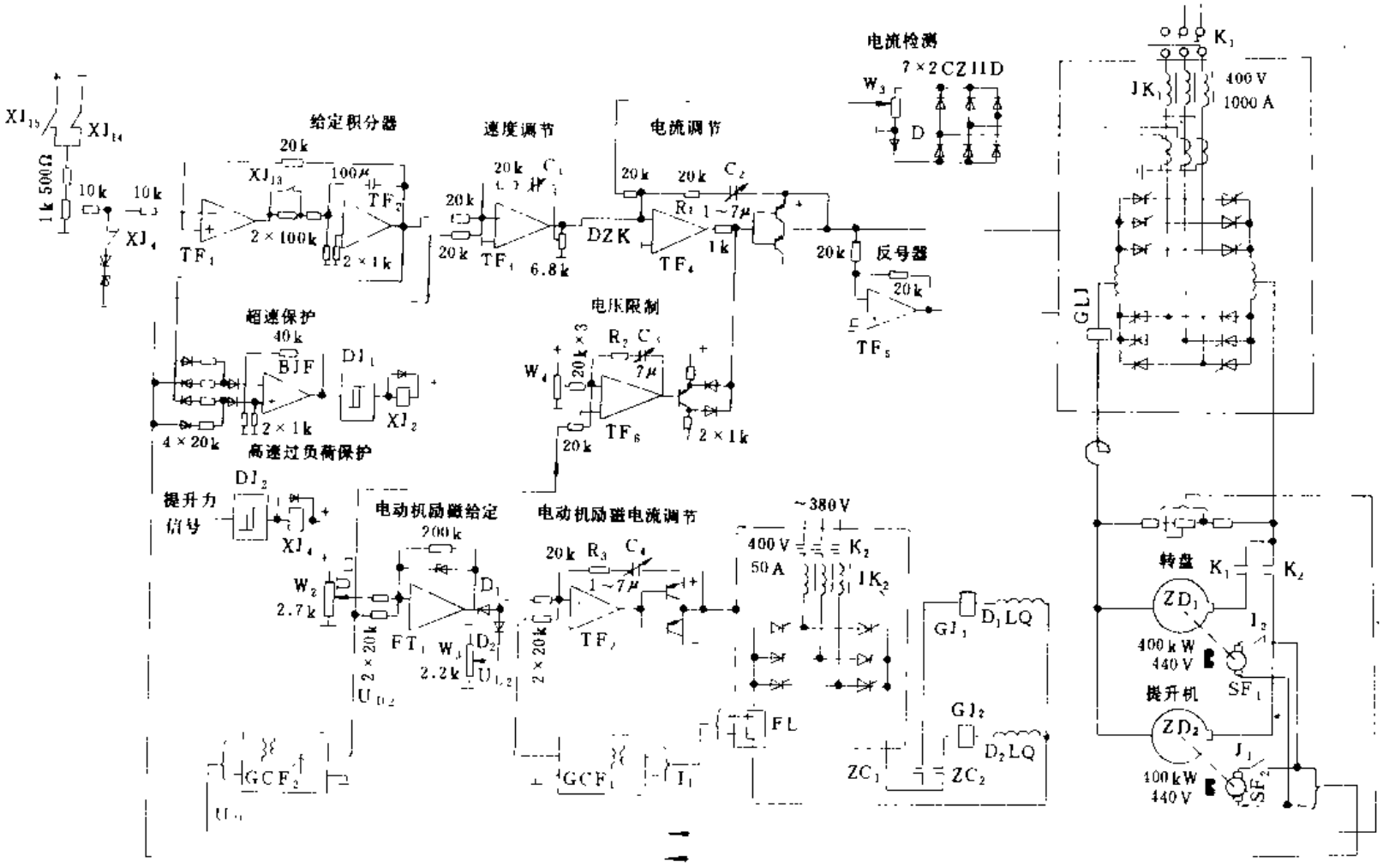


图 1　转盘、提升机拖动与控制系统

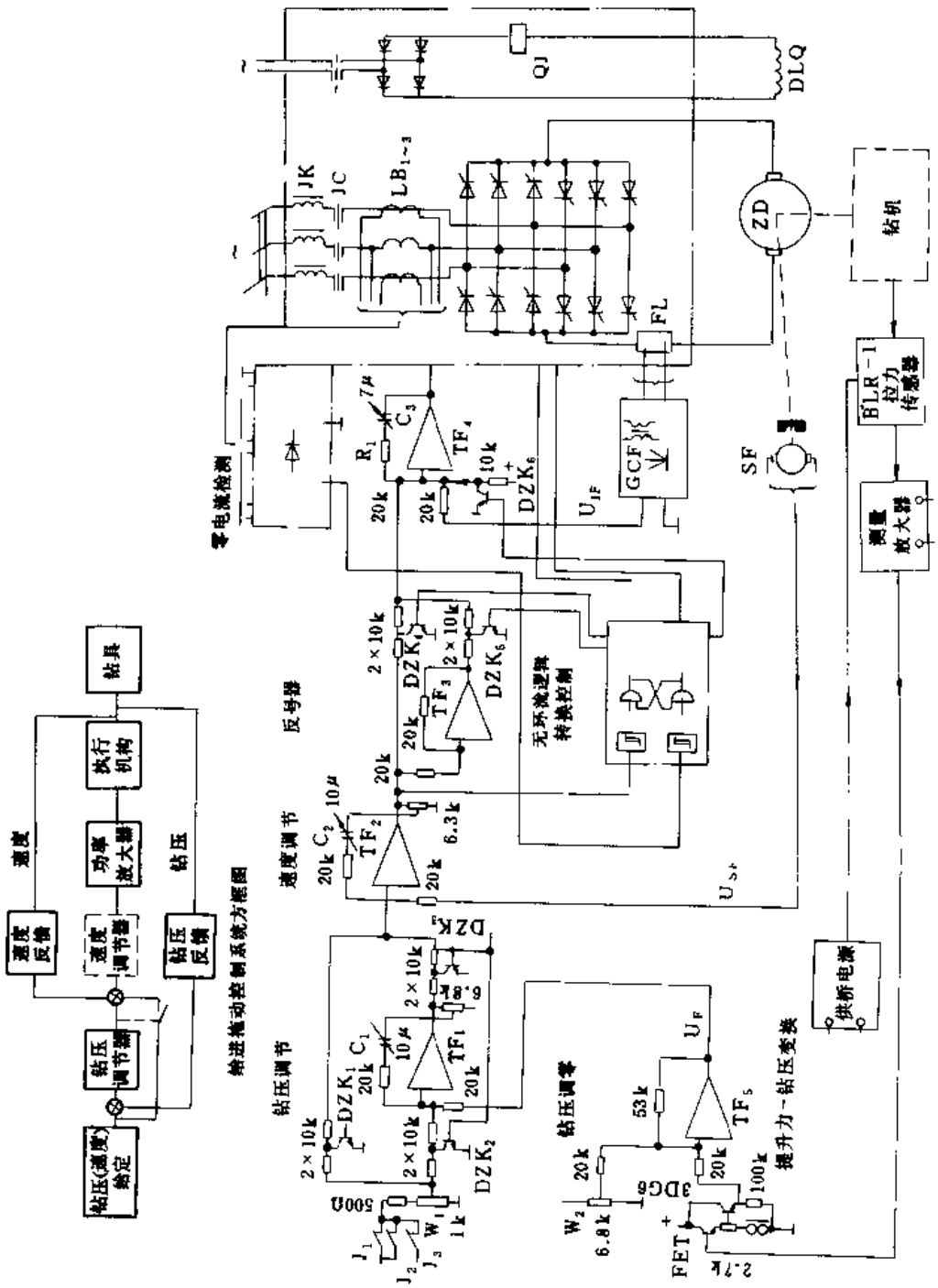


图 2 给进拖动与控制系统

在实际运行中不存在转盘和提升机同时运转的技术要求，故只采用一组可控电源（直流发电机或晶闸管整流装置）经两个转换接触器，只向转盘或只向提升机电动机供电，也只由一组控制调节系统来实现对电动机转速的调节和对整套装置的控制与保护。典型的转盘、提升机拖动与控制系统（见 373 页图 1）。

拖动调节系统采用电流内环的双闭环速度调节器和同时采用非独立方式构成弱磁升速调节。由于钻具重量大（几百吨），为减少动态应力和保证工作安全，设置给定积分器以限制加速度过快变化。为保证提升机下放重物时电机可产生足够的制动力矩，系统中设置有“悬重判定环节”，当提升重物超过一定值后，控制系统即自动禁止电动机弱磁运行。20 世纪 70 年代中期已采用晶闸管整流装置为直流电动机供电电源；80 年代末又采用可编程序控制器等工业控制计算机实现控制、监视等功能，从而使控制、保护功能更趋完善，运转更加可靠。

给进拖动与控制 在钻进过程中，提升机拖动电动机停止运转，给进电动机经减速机通过离合器与提升机拖动电动机耦合相连，并驱动提升机卷筒缓慢旋转，从而驱动钻具随工作面破岩推进向下运动（给进）。给进拖动装置的控制按工艺需要可采用直接控制钻速或控制钻压，实现恒钻速或恒钻压钻进。给进拖动与控制系统（见上页图 2）。

钻速调节系统是具有电流内环的双闭环速度调节系统。给定值直接经电子开关控制输入至速度调节器，经与实际速度比较后，控制整个系统按给定钻速运转。

钻压调节是在钻速调节系统前端增加一级钻压调节器，它是电流、速度两个内环的、三闭环钻压调节系统。由于钻压无法直接测量，目前均采用将测得的大钩提升力瞬时值（F）与钻进开始前所测得的钻具真实全重（Q）相减，即：Q－F=P 而求出实际钻压值（P）。这一运算由电子减法器来实现。钻进中给进速度的控制，特别是恒钻压给进方式的实现，对保证井筒的垂直度和高效钻进具有决定性的意义，因此中国各台钻井机均配备有恒钻压自动调节给进拖动控制系统。

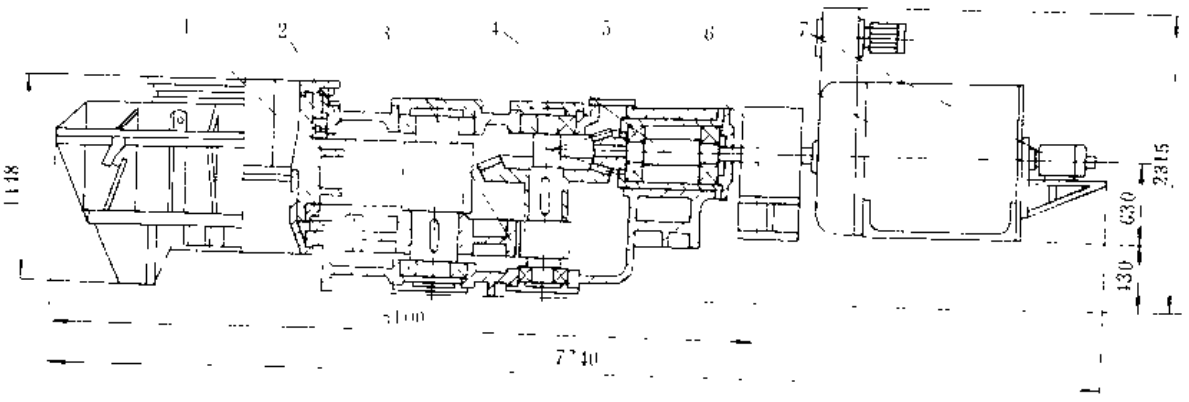
液压拖动与控制系统采用压力油为动力源，经液压马达驱动转盘和提升机运转，调节压力油的流量即可调节运转速度。钻进时，钻具以重力下放，调节提升机液压马达的进油压力，可调节钻具所受拉力的大小，实现控制钻具施加于井底钻压的大小。目前该类设备仅实现了油压开环控制，其钻压控制精度较电力拖动与控制系统要低。目前已开发了电子计算机进行钻井工况控制、监视、保护和管理的新一代控制系统，它将显著地提高拖动与控制系统的可靠性及技术管理水平。

（王安山）

zuanjingji xuanzhuan xitong

钻井机旋转系统 （rotary system of shaft-boring machine） 带动钻具旋转、提供转矩进行破岩的钻井机部件。随钻井机型式不同，有动力头式和转盘式两种类型。

结构型式 中国煤矿钻井机均采用转盘式，其型式不尽相同，ND－1 型钻井机由一台直流电动机通过减速器驱动转盘，SZ－9/700 型和 AS－9/500 型钻井机的转盘与减速器合一，BZ－1 型钻井机是由两台直流电动机驱动转盘（与减速器合一），L40/800 型钻井机是用四台液压马达通过四台行星减速器驱动转盘。转盘通过“补心”将转矩传递给具有矩形键或四方、六方断面的主动钻杆，驱动钻杆、钻头旋转。AS－9/500 型钻井机的转盘结构见图。水龙头用于连接旋转的主



AS－9/500 型钻井机的转盘结构图

1—补心；2—末级圆柱齿轮；3—减速齿轮；4—高速轴；5—联轴器；6—直流电动机；7—直流测速发电机

动钻杆和不旋转的气动抱钩，藉排浆管将泥浆排出，钻进时亦承托钻具的部分重量。

动力头（又称动力水龙头）式均用液压驱动，可由高速液压马达通过减速器驱动，也可用低速大转矩液压马达直接驱动，输出轴中空，内腔用于排出泥浆，实际上是可以上下移动的转盘与水龙头合为一体的结构，取消主动钻杆而直接与钻杆连接。

性能参数 为了适应各种岩层和不同直径钻头钻进的需要，钻井机旋转系统应具有无级调速的性能，直流电动机驱动的旋转系统，转速从零到额定转速范围内为恒转矩输出；额定转速到最高转速范围内为恒功率输出，即转速提高时转矩按比例减少。为了减少钻进中因地层不均质而引起的冲击并保护钻具，还应具有输出的“软特性”，即遇到过大的旋转阻力矩时，能迅速地自动减速直至完全停止转动。

中国几种钻井机旋转系统的主要性能参数见表。

中国钻井机旋转系统的主要性能参数表

项目		钻井机型号			
		AS－9/500 (SZ－9/700)	ND－1	BZ－1	L－40/800
转盘	最大转矩（kN·m）	300（288）	260	120	420
	额定转速（r/min）	11.4（12）	15	8	3.5
	最高转速（r/min）	11.4（20）	30	19.2	8
	输出功率（kW）	400	320	150	—
	总重量（t）	34	43	22.3	8[注]
水龙头	中心孔直径（mm）	365	365	327.6	320
	额定负荷（kN）	3200	3200	1150	4000
	总重量（t）	10.65	10.65	3.29	2

注：不包括动力部分重量。

（王 纬）

zuanjing jingbi

钻井井壁 （drilling shaft wall） 钻井法凿井井筒围岩表面构筑的具有一定厚度和强度的整体构筑物。

井壁结构设计 钻井井壁包括井壁节和井壁底，（见图1及下页图2）。井壁筒（节）指在地面预制用作井壁的钢筋混凝土或混凝土圆筒。中国使用的井壁节有钢筋混凝土井壁节、单层内钢板钢筋混凝土复合井

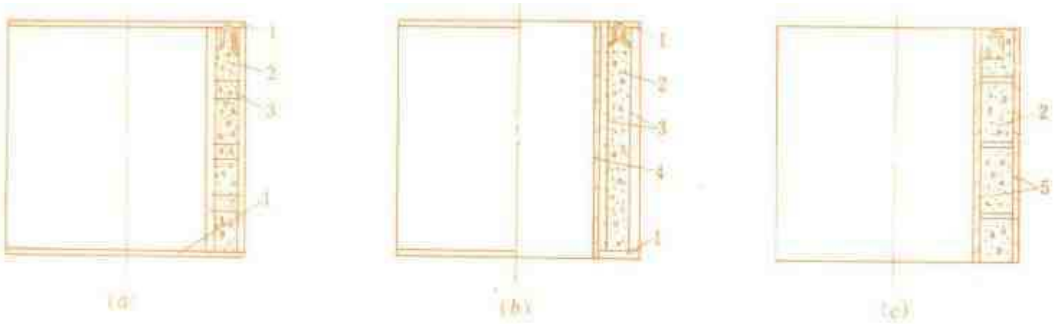


图1 井壁节结构形式

a—钢筋混凝土井壁节；b—单层内钢板钢筋混凝土复合井壁节；c—双层钢板混凝土复合井壁节

1—连接法兰盘；2—混凝土；3—钢筋网；4—钢板；5—内外层钢板

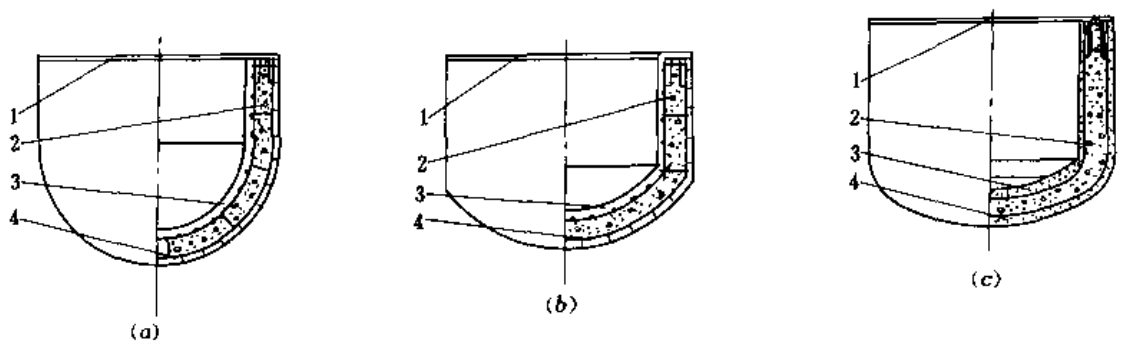


图 2 井壁底结构形式

a—半球厚壳式井壁底；*b*—削球厚壳式井壁底；*c*—椭圆旋转厚壳式井壁底

1—连接法兰盘；2—混凝土；3、4—内、外层钢筋网

壁节和双层钢板混凝土复合井壁节。

钢筋混凝土井壁按厚壁筒结构计算，其环向应力表达式为：

$$\sigma_\theta=\frac{1+R_2^2/r^2}{1-R_2^2/R_1^2}P_r \tag{1}$$

式中 σ_θ 为断面上任意点的环向应力，MPa；R_1、R_2 为井壁外、内半径，mm；r 为计算点至井壁中心的距离，mm；P_r 为径向荷载，MPa。

然后可将截面应力转换为内力，即

$$N_\theta=-P_r\cdot R_1$$

$$M_\theta=-P_r\cdot R_1\cdot R_2\left(0.5-\frac{R_1R_2}{R_1^2-R_2^2}\ln\frac{R_1}{R_2}\right) \tag{2}$$

式中 N_θ 为单位高度井壁所受的轴力 N/mm；M_θ 为单位高度井壁所受的弯矩 N·mm/mm。

按《混凝土结构设计规范》(GBJ10－89) 偏心受力构件进行断面设计。

钻井井壁使用的混凝土强度等级一般为 C30～C55，受力钢筋用Ⅱ、Ⅲ级热轧螺纹钢筋。由于井壁浇筑工艺要求，钢筋布置除满足规范要求外，还要求环向钢筋间距不小于 180mm，竖向钢筋间距不小于 220mm。

单层内钢板钢筋混凝土复合井壁，是由内层钢板筒和外层钢筋混凝土筒组成的复合结构，根据概率极限状态设计原则，井壁受力后钢板与钢筋混凝土两层结构共同工作，协调变形，最后达到极限状态，整体破坏。钢板筒厚度很小，属薄壁结构，按薄膜理论计算，只有轴力，其内力表达式为：

$$N_{QS}=-f_S\delta \tag{3}$$

式中 N_{QS} 为单位高度钢板筒的轴力，N/mm；f_S 为钢板设计强度，MPa；δ 为钢板厚度，mm。

钢筋混凝土筒体为一受内外力作用的厚壁筒，其内力表达式为：

$$N_{QC}=-P_rR_1+P_SR_2$$

$$M_{QC}=-(P_r-P_S)R_1R_2\left(0.5-\frac{R_1R_2}{R_1^2-R_2^2}\ln\frac{R_1}{R_2}\right) \tag{4}$$

式中 N_{QC} 为单位高度钢筋混凝土筒体所受的轴力，N/mm；M_{QC} 为单位高度钢筋混凝土筒体所受的弯矩，N·mm/mm；P_r 为外部径向荷载，MPa；P_S 为内部钢板筒对钢筋混凝土筒体的径向作用力，MPa。

根据内力分别按《钢结构设计规范》(GBJ17－88) 和《混凝土结构设计规范》(GBJ10－89) 进行断面设计，并在钢板筒上加锚固件与钢筋混凝土筒体固定，以保证钢板筒的稳定。

双层钢板混凝土复合井壁是由内外层钢板筒和中间素混凝土筒组成，这种结构混凝土呈三向应力状态，可提高承载能力。德国在不稳定地层井筒支护中大量采用这种结构，美国近年来在立井施工中也采用类似的井壁，中国使用的双层钢板混凝土复合井壁的设计，基本采用德国哈·林克 (H. Link) 等提出的《不稳定地层的井壁计算原则》的方法，基本公式为：

$$\sigma_{max}=\frac{-P_rR_1}{F}\left(1+\frac{Y}{r_S}\right)\leqslant[\sigma] \tag{5}$$

式中 σ_{max} 为井壁折算断面上最大点应力，MPa；P_r 为径向荷载，MPa；R_1 为井壁外半径，mm；F 为井壁折算为一种材料的截面积，mm^2；Y 为对一种材料构成的井壁截面重心与测点的水平距离，mm；r_S 为井壁截面的重心半径，mm。

钻井井壁采用悬浮下沉的安装工艺，井壁下端设有井壁底，目前均采用钢筋混凝土结构，其形式有半球厚壳、削球厚壳和椭圆旋转厚壳 (图 2)。其结构设计采用有限元法分析厚壁筒的应力，并转换为内力，求出各截面的径向和纬向弯矩和轴力，然后按《混凝土结构设计规范》进行配筋和强度计算。

钻井井壁节及井壁底在井场分节预制，每节长度

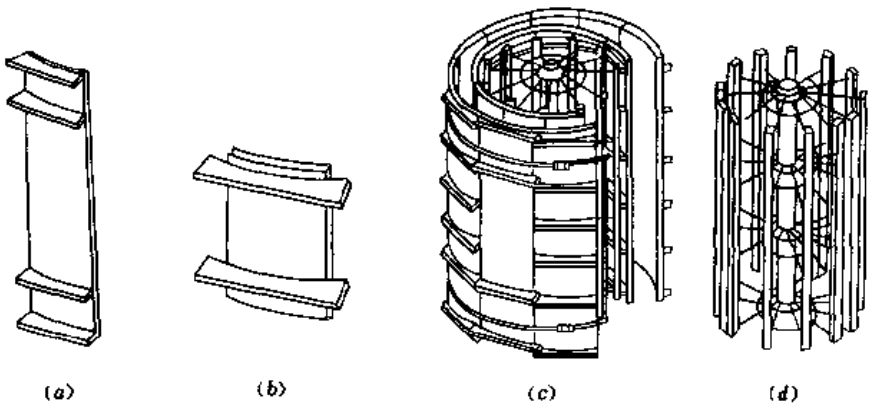


图 3 预制井壁节模板示意图

a—外模板；b—混凝土浇灌口挡板；c—模板总装；d—中心撑架

一般 4～8m、重量不超过吊运系统的最高承载能力，节与节之间用钢法兰盘联接。井壁预制场设有表面铺一层钢板或数根放射状短钢轨的基础，混凝土浇灌采用木模板（见图 3）。振动棒捣固，就地养护。井壁混凝土强度达到设计值的 70%后，即可拆模吊运，预制好的井壁节必须按下沉安装顺序编号堆放。

悬浮下沉井壁 井筒钻进达到设计直径和深度后，在充满泥浆的井筒中，在井口将预制好的井壁节逐节连接，以整体方式送到井下就位。井壁最下端一节为井壁底，下沉时利用泥浆的浮力悬浮井壁，调节井壁内配重力使之逐步下沉。下沉过程利用固定在井壁底中心的中心线，逐节进行三点一线的测量，保证井壁的整体直线度，到底后最终进行垂直度校正，井临时固定。

为达到均匀传递荷载，深井井筒需进行节间注浆，通过上节井壁下法兰盘外侧预埋的注浆管，在井壁连接后注入高结石率的胶结材料。

固井 井壁筒悬浮下沉到井底并进行井壁整体垂直度校正后，通过管路向井壁外侧与井帮之间的环形空间自下而上逐段注入相对密度大于泥浆的胶凝状浆液充填材料，将泥浆自下而上地置换出来并固结井壁筒的作业。通常使用的充填材料为水泥浆为防止水泥浆置换泥浆后，对井壁增加浮力造成井壁反浮，预先需向井壁筒内加配重水，对井深超过 300m 的井筒，必须进行井壁在泥浆中的整体竖向失稳的验算，计算出第一段高的极限加水量和充填高度。

中国充填固井的工艺是采用泥浆搅拌机搅拌水泥浆，泥浆泵输送，通过井筒周围布置不少于 4 路的充填管注入充填空间。第一段高（最下部）充填可采用外管充填或内管充填。当井深超过 200m 时，外管充填管采用钢丝绳导向，测力计监视，以防止充填管断裂影响充填质量。内管充填是提高第一段高充填质量的新方法，充填管设置在井壁内侧，随井壁下沉安装，单根长度与井壁节高相同，每隔 12～18m 与井壁法兰盘内缘设点固定。内注浆管穿过井壁底进入充填空间，并设弧形分流管，井壁底内侧充填管弯管上部设高压逆止阀，以防水泥浆未凝固时倒流回井筒内。其它段高充填可根据井筒深度、地层条件和井壁类型沿井筒深度划分若干充填段，用水泥浆和石渣交替充填，最后用混凝土封顶。

（洪伯潜）

zuanjing jingjia

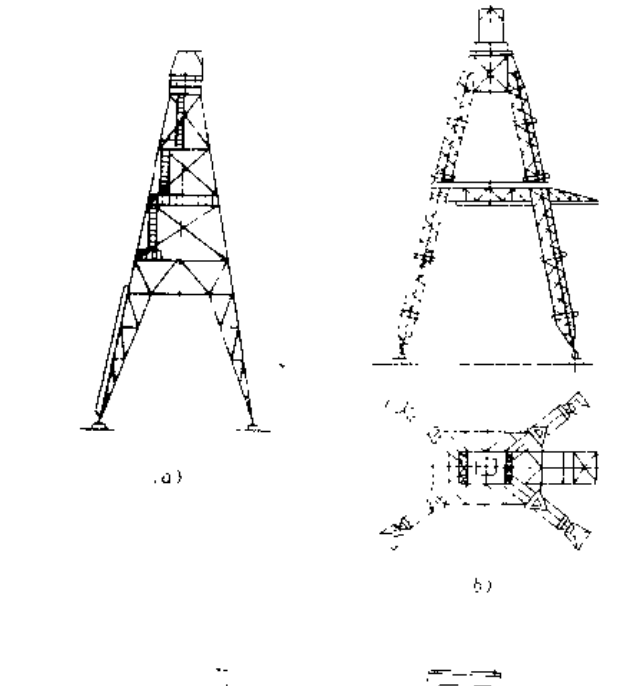
钻井井架 (drill rig) 专为钻井用的井口大型立体承重的构筑物。用来支承钻井机的提升荷载，由主体架、天车平台组成。有的还设有水龙头吊钩、钻杆吊运的副钩和二层台。主体架固定在基础上，有良好的强度和刚度。

钻井井架有桁架式塔形井架、四柱刚架式塔形井架、“A”形井架和行走龙门钻架等几种类型（见下页图）。

桁架式塔形井架 主体由四榀桁架和天车平台、二层平台组成。杆件用型钢或钢管制造，螺栓联接。结构整体刚度好，设计制造比较简单，单元重量小，便于运输，但耗钢量大、安装速度比较慢。

四柱刚架式塔形井架 由四根斜立柱和天车平台、二层平台和水平梁组成。二层平台的水平梁系刚性连接，形成一座立体刚性塔架。每根立柱由呈等边三角形布置的三根钢管组成，亦可用大直径单管立柱，分成若干段，法兰联接，便于运输。它刚度好、重量轻、安装方便，但加工要求比较高。

“A”型井架 采用二根大直径钢管（或型钢结构）作为主立柱，另两根直径较小的钢管撑于主立柱的



钻井井架类型

a—桁架式塔形井架；*b*—四柱刚架式塔形井架；*c*—“A”型井架；*d*—行走龙门钻架

中上部作为斜撑，两端铰接，并与主立柱的天车平台、中间的局部二层平台构成“A”型井架。斜撑下端也有时设置液压缸，收缩时可使井架立柱后倾，天车平台离开井中心，以便吊运钻头和下沉井壁。该井架自重轻，运输方便，但刚度较差，随着荷载变化，天车中心容易漂移。

行走龙门钻架 将井场的钻井井架和龙门吊车合为一体，利用龙门吊车的门架作为钻井井架，带有行走机构，可以自行。龙门钻架的主横梁和支腿一般为箱形结构，门架和可行走提升机均设置井中心定位装置。钻架移动方便，减少占用井口时间。

（洪伯潜）

zuanjing jingjing jingxie celiang

钻井井径井斜测量 (caliper and inclination survey of shaft drilling) 在井筒充满泥浆或水的条件中，对钻井井筒直径和偏斜的量测。有钻进测量和成井测量两种。钻进测量是为了了解所钻井孔的偏斜和发现井孔有无塌方、缩径等异常，以便采取相应的技术处理措施。成井测量是确定和提供最终成井井筒的井径井斜值。

钻井井径井斜测量方法有灯光测量法、重锤打印测量法、机械测井仪测量法和超声波井径井斜测量法。

灯光测量法是将钻头下至欲测深度在钻杆中下一组密封测斜管与钻头同深，再在测斜管内下一光源直至管底，先标定管口和井筒的相对位置，然后在管口用经纬仪对点器找出光源与垂线之间的偏差及方位，利用比例关系求得井斜值。

重锤打印测量法是先把铺有镀锌铁皮或铅皮的木板，固定在钻头的上表面，将钻头下放至欲测深度，把打印锤挂在选好的坐标位置上，下放打印锤打印。把钻头提至地面，按投影关系计算出井筒偏斜值和偏斜方位角。

上述两种测量方法只能用于钻进测量，是以钻头的位置偏斜代表井筒偏斜，精度低，又无法测出井径，且不能连续测量，难予满足施工要求。目前多采用机械测井仪（JJJ－1型）或超声波井径井斜仪进行测量。

JJJ－1型机械测井仪 结构（见下页图1）。测量时，在地面井筒中心位置，将仪器测量臂收拢放入井筒中，下放至井底后，利用弹簧装置使各条测量臂张开，臂端和井帮接触，向上提升时测量臂随井帮的变化而张缩。测量臂张缩时，通过与它相连的活塞杆带动可变电阻器的活动触头移动。由于电阻回路的电流恒定，电阻变化引起了电位差同比例的变化，这个变化通过传输系统被地面记录仪记录下来，即可得到相应的井帮

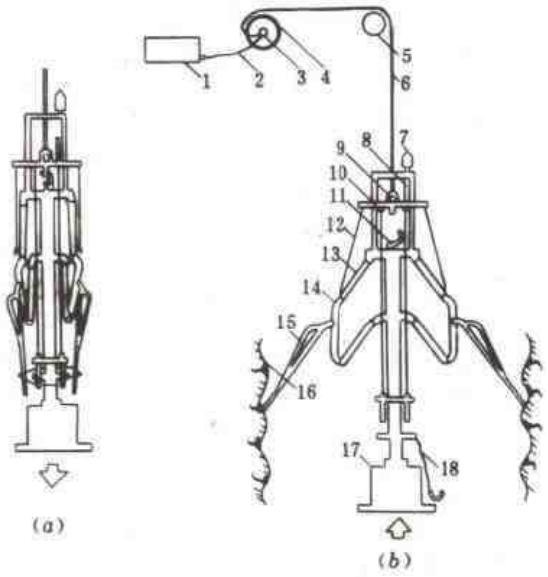


图 1　JJJ－1 型机械测井仪结构示意

1—JDC 型记录仪；2—电线；3—电线插头；4—TWJ－700－1000 型测井提升机；5—导向滑轮；6—WTJHQ 七芯测井电缆；7—密封总接头；8—垫柱；9—吊环；10—活动板；11—挂钩；12—链；13—伞杆；14—单臂井径仪；15—测量臂；16—井帮；17—配重；18—弹臂

曲线，根据井帮曲线绘出所需各水平的井筒断面图、断面中心投影图，并计算出井筒的有效直径、井斜值和偏斜方位。

超声波井径井斜仪　为钻井法凿井专门研制的测井仪，目前有 CJ－501、SD－1 和 SD－2A 三种型号，工作原理和使用方法大致相同，其不同在于定向方法和采集后的分析处理手段。超声波测井仪主要由井下测具、地面仪、测井电缆和测井提升机组成，见图 2 和图 3。井下测具将地面仪中通过测井电缆传来的同步脉冲信号放大，激励发射换能器产生超声波，经泥浆或水等介质射向井帮（壁），再由接收换能器把反射回来的超声波信号转换成电信号，放大后通过测井电缆返回地面仪，经地面仪再次放大和鉴别器、门电路的鉴别整形，即可测出从超声波发射至反射波首波返回所需的时间。积分器和放大器把时间方波转换成便于记录的电压值输出。超声波在一定的介质中传播速度是恒定的，传播距离和时间即电压值成正比，测出的电压值即可换算出换能器至井帮间的距离。使用时，先将测量

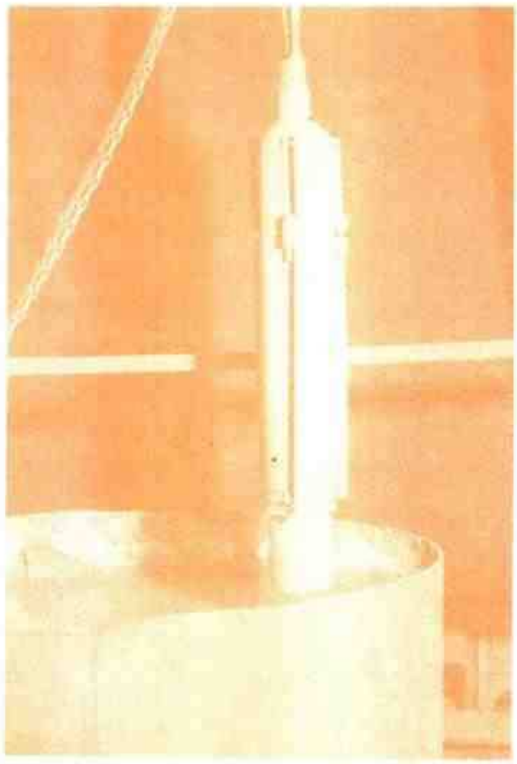


图 2　SD－2A 型测井仪井下测具

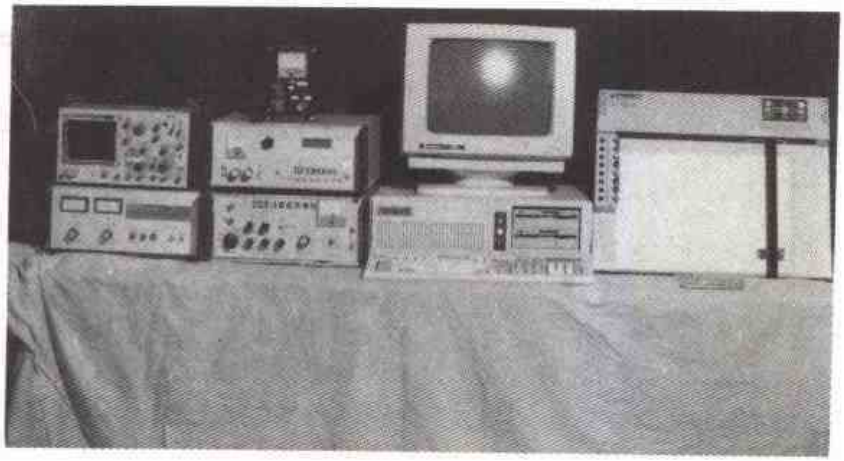


图 3　SD－2A 型测井仪地面仪器总成

仪在泥浆中或水中的距离与仪器输出电压值的对应关系进行标定，然后，在井筒的选定位置上（一般在井口中心）置入井筒中，利用钢丝绳重锤或仪器本身的陀螺定向，用测井提升机在欲测的深度和方位逐渐下放。利用地面仪的传输、记录系统，直接采集井筒井径、井斜数据。由人工或计算机绘图整理出井筒有效断面和井径、井斜值。一般每个方位都自上而下，自下而上各测量一次。每个井筒测量方位一般不少于四个。超声波测量仪使用方便、测量准确、测量结果直观，被广泛采用。

（刘式如）

zuanjing nijiang

钻井泥浆 （shaft drilling mud） 钻井过程中井筒内使用的循环冲洗介质。主要功能是：临时支护井帮、冲洗井底工作面、冷却破岩刀具，并作为提升岩屑和下沉井壁的悬浮液。泥浆是由水、粘土和化学处理剂按一定比例配制而成的细分散悬浮液，其中部分颗粒粒径属于胶体体系范围，性能参数要满足钻井施工工艺的要求。

泥浆临时支护的基本原理是：①泥浆的相对密度大于水的密度，利用井筒内泥浆柱压力抗衡地下水压及部分地压，保证井帮稳定性；②随着破岩，泥浆立即接触新形成的井帮，由于泥浆柱压力大于地下水压，泥浆中的水向地层中渗透，粘土微粒被阻于井帮上，逐步形成一层具有韧性的泥皮，形成隔水层，切断井帮内外的水力联系，同时泥浆中还含有抑制地层膨胀的化学处理剂，阻止膨胀性地层的膨胀；③泥浆具有触变性，即在高外力作用下，泥浆的切力将变低，在慢速流动时又会自动恢复或增高。当钻凿破碎带、裂隙岩层时，除了破碎地层形成的岩屑在刀具滚压下部分充填裂隙外，渗入裂隙内的泥浆因流动受阻，速度逐渐降低并不断稠化，直至丧失流动性，堵住裂隙阻止泥浆漏失利用井内泥浆的静压力平衡地压与水压，并使泥浆渗入围岩形成泥皮，以维护井帮的方法称泥浆护壁。

井底工作面破岩产生的岩屑，必须及时消除才能保证正常继续钻进。这些岩屑，受到循环泥浆流经井底工作面时的流动冲刷作用而移向钻头吸收口，并通过压气升液器与泥浆同时排到地面清除出井的作业称洗井。

为了适应地层变化以及岩屑混入泥浆后引起泥浆性能的恶化，要及时对泥浆进行处理，泥浆处理包括加入化学处理剂、用旋流器除土、自重沉淀岩屑等。当钻凿造浆能力强的粘土类地层时，在泥浆中加入三聚磷酸钠、磺化聚丙烯酰胺、水解聚丙烯酰胺等，抑制岩屑水化分散、增大岩屑粒径、提高岩屑沉降能力，以阻止泥浆相对密度增大。因环境保护的要求及减少下沉井壁后排弃泥浆占用土地，对排弃的泥浆要进行絮凝造粒水土分离处理。

泥浆性能 衡量钻井泥浆质量的主要参数，一般为相对密度、失水量、泥皮质量、粘度、切力、胶体率、稳定性、pH 值 8 项。

相对密度 泥浆与同体积 4℃纯水的质量之比，通常用专用比重计测定，此参数曾称比重。钻井工艺要求泥浆柱压大于地下水压，一般取相对密度为 1.05～1.25。相对密度过高，不利于钻进和岩屑的沉降清除。钻进中因岩屑混入泥浆使相对密度逐渐增高，钻进初期宜采用低密度泥浆。

失水量 泥浆中自由水渗入地层中的数量，是衡量支护膨胀性地层能力的重要质量参数。采用油压失水仪测定，即在 0.1MPa 压力作用下、30min 内泥浆中自由水通过滤纸滤出的量，以立方厘米（cm^3）计。钻凿膨胀性地层时，必须严格控制失水量，以避免地层膨胀产生缩径、坍塌甚至埋钻等事故。根据地层性质、井径、井深情况，钻进时失水量一般控制在 8～15cm^3/30min 范围内。

泥皮 泥浆中自由水渗入地层时其固相颗粒受阻于井帮上形成的薄泥层。试验采样是取失水量测定中在滤纸上形成的泥饼，一般要求厚度小于 1.5mm，具有韧性，对折不裂。

粘度 泥浆流动中内部摩擦产生的粘滞力，反映泥浆流动及固相颗粒沉降的难易程度，通常用漏斗粘度计测定，单位为秒。泥浆粘度低，有利于钻进、洗井及岩屑的清除，一般取 18～22 秒，但通过漏失层时要适当提高泥浆粘度。

切力 破坏泥浆中固相颗粒相互吸引形成的物理结构物所需施加的力，单位为帕（Pa），在静态或动态条件下分别称为静切力或动切力。切力反映泥浆悬浮岩屑的能力，用切力计测定。一般选取静止 1min 时的初切力 0～1kPa，静止 10min 时的终切力 0～5kPa。泥浆在静止时切力较大、流动时切力较小的特性，称为泥浆的触变性，一般要求泥浆具有良好的触变性，以利于清除岩屑和减少钻凿漏失层时的泥浆漏失。

胶体率 静止状态下防止泥浆中自由水离析的能力，即泥浆在量器中静止 24h，除去离析水后剩余部分与原体积的比率，钻井泥浆的胶体率一般可达到 100%。

稳定性 静止状态下泥浆中固相成分的沉降指标，即将泥浆在量器中静止 24h，取量器上部与下部泥浆的相对密度差值，通常要求小于 0.003。

pH 值　钻井泥浆的酸碱度，通常测定失水量测定时所产生的滤液，要求 pH=7～8。

泥浆材料　主要由粘土、水和化学处理剂三类。

配制泥浆用的粘土，要求不含砂等杂质，并具有良好的水化膨胀和分散性能。常用的粘土有钠基膨润土、优质粘土或利用钻凿地层中的粘土。

泥浆用水均为淡水，一般采用施工区的地下水、河水或自来水。

化学处理剂有无机化合物、有机化合物和高聚物，按其作用可分为分散剂、胶体保护剂、降失水剂、稀释剂、增粘剂、抑制分散剂、碱度调节剂、絮凝剂八类。一种处理剂可能具有多种作用，应综合考虑泥浆性能要求及钻凿地层的特性来确定，还应优先选择无毒、无味、无污染或污染少的化学材料。

分散剂　促进泥浆中粘土类材料的水化膨胀与分散，常采用碳酸钠 [Na_2CO_3]、氢氧化钠 [NaOH] 等。

胶体保护剂　吸附于泥浆中粘土颗粒的表面，提高泥浆的胶体率、稳定性及泥皮的隔水性和韧性。常采用羧甲基纤维素 [CMC]、聚丙烯酰胺 [PAM]、煤碱液 [NaC] 等。

降失水剂　吸附于泥浆中粘土颗粒的表面可增韧泥皮，阻止泥浆中自由水向地层内渗透，常采用羧甲基纤维素、羧甲基纤维素钠 [NaCMC]、煤碱液等。

稀释剂　降低泥浆粘度、切力及相对密度，以提高泥浆流动性和清除岩屑能力。常采用三聚磷酸钠 [$Na_5(PO_4)_3$]、六偏磷酸钠 [$(NaPO_3)_6$]、煤碱液、丹宁碱液 [NaTC] 等。

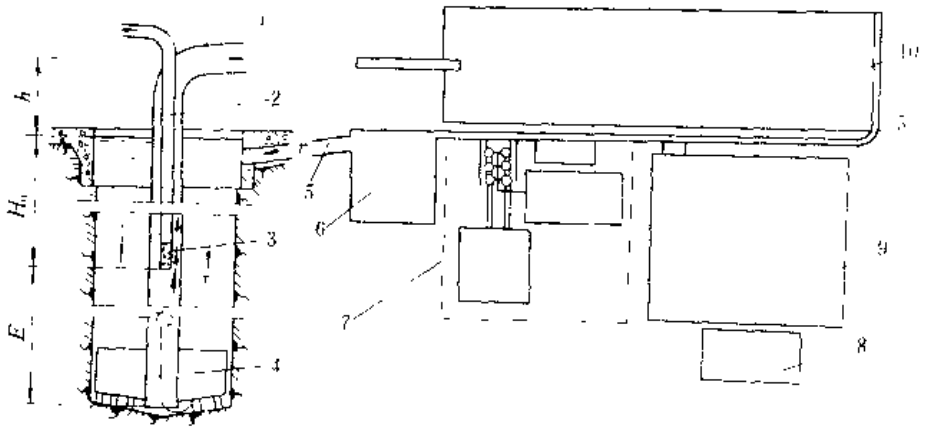
增粘剂　提高泥浆的动切力以减少过漏失层时的泥浆漏失。常采用高分子量水解聚丙烯酰胺[PHP]、高粘度羧甲基纤维素及碳酸钠等。

抑制分散剂　吸附在岩屑表面，阻止或减缓岩屑的水化分散，降低岩屑的自然造浆能力，抑制泥浆相对密度的上升及稠化。

絮凝剂　聚集泥浆中的部分或全部固相颗粒，增大固相颗粒粒径，提高泥浆中固相颗粒的沉降能力以降低泥浆相对密度，或使泥浆固液分离。常以水解聚丙烯酰胺、聚丙烯酰胺等高聚物作絮凝剂，并配用氢氧化钙 [$Ca(OH)_2$]、氧化钙 [CaO] 等。

泥浆循环系统　泥浆在井底冲洗工作面后，通过压气升液器提升至地面清渣及处理，再返入井内的往复循环的流动体系，一般将泥浆自流入井、机械提升返回地面的体系布置方式称为泥浆反循环系统（见图）。

中国钻井法凿井都采用压气反循环系统。即泥浆



泥浆反循环系统布置示意图

1—排浆管；2—风管；3—混合器；4—钻头；r—入井泥浆；r_2—尾管泥浆；h—扬程高度；H_0—埋入深度；E—尾管长度；5—吸浆槽；6—调节池；7—旋流器处理池；8—搅拌站；9—新浆池；10—沉淀池

由地面泥浆池经沟槽自流入井，至井底钻头下部冲洗工作面，把破岩形成的岩屑逐步推向钻头底部的吸收口，通过压气升液器排至地面，清除岩屑后又流回井筒内。压气升液器是把设定长度的压风管，从钻杆中心或钻杆外侧伸入井下钻杆内的混合器位置，压缩空气排出与钻杆中的泥浆混合，形成低于泥浆相对密度的气浆混合液，与充满泥浆的井筒形成连通器，使气浆混合液上升至钻杆上部的排浆口排出。随着连续供应压缩空气，井底含有岩屑的泥浆从钻杆内连续排至地面，经沉淀池沉降、旋流器除砂等净化后流经泥浆沟槽返回井筒内，从而构成泥浆压气反循环系统。系统单位时间内排出的泥浆量称为循环量，它主要取决于混合器的

设定深度、机程和空气压缩机的供风量。

循环量的选择 泥浆的循环量要使泥浆在井底的运动速度能推动岩屑移至钻头底部的吸收口，又要能把岩屑从钻杆中提升上来。一般根据钻杆中泥浆回流速度确定，即使钻杆中泥浆的上升速度大于设定的最大块岩屑在泥浆中的下沉速度。其计算式为：

$$Q=\frac{\pi}{4}\times 3600d^2\times v\times k \tag{1}$$

$$v=1.76\sqrt{gD\left(\frac{r_1}{r}-1\right)} \tag{2}$$

式中 Q 为循环量，m^3/h；d 为钻杆内径，m；v 为岩屑在泥浆中的下沉速度，m/s；k 为系数，取 $k\geqslant 1.2$；

g 为重力加速度，$g=9.81m/s^2$；D 为设定的岩屑直径，m；r_1 为钻屑相对密度，一般取 $r_1=2.6$；r 为泥浆相对密度。

空气压缩机选择 压气升液器的动力来自压缩空气从混合器排出上升时体积膨胀所做的功，按压气绝热膨胀做功考虑，空气压缩机的排风量依下式计算：

$$V_{压}=\frac{QV}{60} \tag{3}$$

$$V=\frac{k_1rh}{23\log\frac{rH+10}{10}} \tag{4}$$

式中 $V_{压}$ 为空气压缩机排风量，m^3/min；V 为提升单位体积泥浆的压风耗量，m^3/m^3；k_1 为系数，$k_1=2.17+0.0164h$；h 为扬程，即从井筒内浆面至排浆口的高度，m；H 为压风管埋入深度，取决于供风压力和泥浆相对密度，m。

泥浆循环系统的地面部分包括沉淀池、调节池、储浆池以及地面沟槽等。

沉淀池位于钻机排浆管的下方，用于沉淀岩屑。为提高沉淀效率和减少循环量，形状为长方形，宽度以挖掘机悬臂抓斗的可挖掘距离为限，长度大利于沉淀，视场地情况确定，出口与地面沟槽相通，并做成溢灌坝形式，以控制池内泥浆流态和利于岩屑沉淀。

调节池位于井筒附近，为调节钻机停钻及重新开钻时井筒内泥浆量而设置的。停钻时，地面循环的泥浆储存于调节池；开钻时，井底泥浆经压气提升至地面还不能立即返入井内时，利用调节池内泥浆补入井内，以免井筒内泥浆面下降。

储浆池，为配制新浆及井筒穿过漏失层需补充泥浆而设置的泥浆池。

泥浆净化(为重复使用返回地面后的泥浆，将其中所携带的岩土碎屑分离出去的作业)。除自重沉淀外，常采用旋流器组及化学处理剂净化。旋流器组由泥浆泵(或砂石泵)及旋流器组成。用泥浆泵将经沉淀后流入地面沟槽的泥浆排入旋流器内，利用泥浆在旋流器内快速旋转时产生的离心力，进一步将泥浆中的钻屑甩至旋流器锥体边壁，通过底流口排出，清除岩屑后的泥浆通过旋流器上部溢流口排入泥浆沟槽而返入井内。施工中一般采用直径 500mm 的旋流器，并以 4～8 台组成旋流器组，处理量每台可达 $100m^3/h$ 以上。

化学处理剂净化主要是加入抑制分散剂、絮凝剂、稀释剂，阻止岩屑水化分散、增大岩屑粒径、降低泥浆粘度和切力以提高岩屑在沉淀池内的沉降效率。

泥浆絮凝造粒 通过向泥浆内加入化学絮凝剂使泥浆中固相物质聚集并与水离析，再用专门的机械设备脱水实现泥浆固液分离的方法；以解决排弃大量泥浆污染环境或占用耕地问题。

泥浆絮凝造粒的基本过程是，将絮凝剂经速溶机配制成水溶液用泵输出，在 0.2～0.4MPa 压力下与泥浆按设定比例在管道内混合，然后输入絮凝反应器内，在 5～10r/min 的慢速搅拌中使泥浆中全部固相聚集结块，再输入到脱水筒脱水，水由筒壁排水孔或排水槽排出，固相物从脱水筒末端排出，装车运走或堆放。

常用水解度为 15～40%的高分子量聚丙烯酰胺作絮凝剂，配成浓度为 0.05%～1.2%的溶液。根据泥浆特性及固相含量，加入泥浆重量 15%～40%的该溶液，使其混合液相对密度控制在 1.10～1.15 范围内。

分离机由计量装置、絮凝反应器、脱水筒及操作控制台组成。脱水筒为一卧式滚筒，头部分成四个隔间，隔间内在不同位置装有导泥板和絮团致密板，是主要脱水段，尾部为内螺旋结构，进一步脱水。水从排水孔或排水槽排出，筒体旋转速度为 0.3～1.5r/min。工作时，随着脱水筒慢速转动，筒内絮团不断发生碰撞并挤出内部含水，水先于絮团向前滚动，靠时间差从筒壁上的排水孔槽排到筒外。采用絮凝造粒方法处理相对密度为 1.06～1.30 的泥浆，固相聚沉率高于 99%，离析水浊度 50～300mg/L，单机处理泥浆能力为 15～$20m^3/h$。

(陈瑞孟　柏万禄)

zuanjing zuanju

钻井钻具 (shaft drilling string) 在井筒钻进过程中，用于提吊钻头、传递转矩和进行破岩的井内设备。它由主动钻杆、钻杆和钻头(超前钻头、扩孔钻头)组成，是实现破岩的直接工作机构，也是泥浆从井底返流回地面的通道。

主动钻杆 是钻具系统中直接接受工作动力的装置。内管为无缝钢管，外焊钢板，其截面(见下页图 1)。它的截面外缘与钻井机转盘通孔相配合，既能沿通

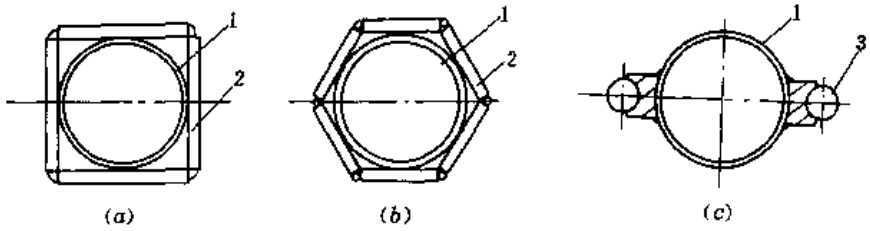


图 1 主动钻杆截面形式示意图

a—四方形截面；*b*—六方形截面；*c*—两侧长键形截面

1—内管；2—外缘钢板；3—传力键

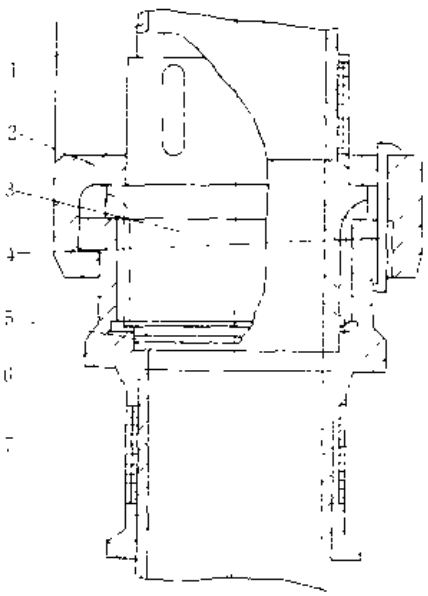


图 2 套接嵌齿钻杆接头结构示意

1—圆钻杆；2—牙嵌接头套；3—外齿接头；4—防松套；5—“O”型密封圈；6—内齿接头；7—台座

孔滑动，又能传递转盘输出的转矩，驱动钻具旋转，其有效工作行程稍大于钻杆的有效长度。钻进时，上端与水龙头连接，下端和钻杆连接，提吊整个钻具系统也不影响转动，随着钻进向下延伸，在有效工作行程范围内向下移动。

钻杆 连接主动钻杆和钻头，将主动钻杆的转矩传递给钻头和刀具并随同钻头进入井筒的管状钻具。钻杆的内截径面为井底泥浆排渣通道，钻井提升机通过主动钻杆和钻杆提吊钻头并控制钻压，实现向下钻进。随井深的增加逐根接长钻杆。

钻杆要承受很大的转矩和拉力，需用优质合金钢管制作，断面积要满足泥浆上返空间的要求。钻杆分节制造，每节钻杆越长，接卸钻杆的总次数和总时间越少，有利于提高钻进工时利用率，但它受井架高度和主动钻杆有效工作行程的限制，一般每节长为 10m 左右，为适应开钻时的工艺条件，还应各有相应的短节钻杆。

钻井时需要反复地拆装钻杆，故钻杆接头应满足强度、密封性，拆装简便等要求。中国钻杆接头全采用拉、扭分别传递的结构，用花键或六方传递转矩，螺纹或牙嵌传递拉力，套接嵌齿钻杆接头见图 2。中国引进德国 L－40/800 型钻井机，采用法兰盘钻杆接头，其压风管附于钻杆外壁，其结构见图 3。

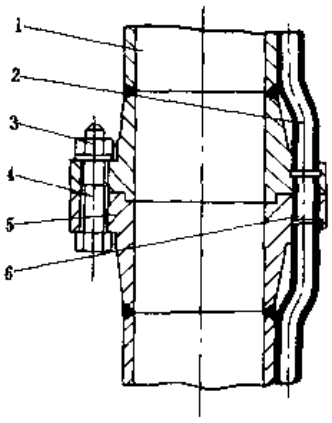


图 3 L－40/800 钻井机（外风管）接头结构示意

1—圆钻杆；2—风管；3—螺母；4—螺栓；5—法兰接头；6—传扭套筒

超前钻头 采用分级扩孔法钻凿井筒时用的第一级钻头。超前钻头钻进时无超前导孔，它所钻出的井孔一般称为超前孔。一次全断面钻井时，超前钻头即直称钻头。超前孔的垂直度对各级扩孔钻进有较大的影响，故要求超前钻头排渣能力强、质量大、钻进平稳。它由

刀盘、中心管、破岩刀具、稳定器和配重块等组成，其一般结构（见下页图 4）。

刀盘是钻头的主体结构，为避免起、下钻具产生抽吸效应破坏井帮，刀盘直径比钻进的直径略小。刀盘的下缘截面为平面的或锥形的，用以布置安装破岩刀具底面和泥浆吸收口相通，上面和中心管连接。转矩由中心管传递给刀盘。为提高冲洗效率，刀盘底面常焊有裙边或螺旋形导流板。

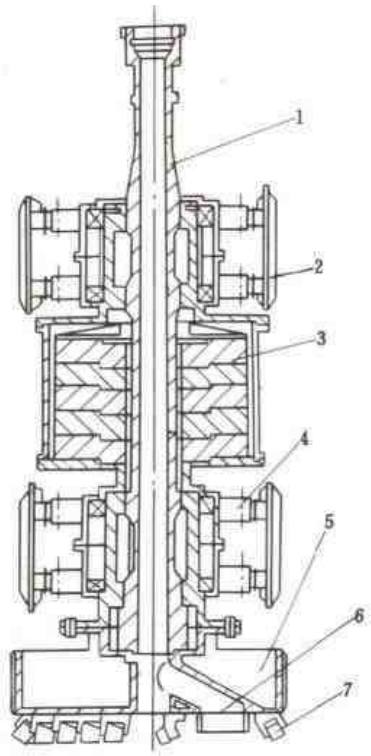


图 4　超前钻头结构示意

1—中心管；2—上稳定器；3—配重块；4—下稳定器；5—刀盘；6—吸收口；7—破岩刀具（刮刀或滚刀）

中心管上端与钻杆连接，下部贯穿整个钻头体，钻进时承受拉、扭及冲击等荷载，一般用合金无缝钢管或高强合金钢锻造。两阶稳定器对钻头起扶正、导向作用，以控制钻头工作时的摆动幅度。

配重块用来增大钻头的质量。由铸铁分块制造，可按钻压要求予以增减调节各配重块间及与钻头体之间要紧密联结。

破岩刀具多采用楔齿或球齿滚刀，（外型见图 5）。中心楔齿滚刀用于钻进岩层时的超前钻头；楔齿滚刀用于超前钻头和扩孔钻头；镶硬质合金的球齿滚刀主要用在岩石单向抗压强度大于 100MPa 时的钻进中。

中国在流砂层中使用刮刀刀具，（主要形式见下页图 6）。采用刮刀刀具的超前钻头，刀盘底面呈锥形。

扩孔钻头　多级扩孔钻进时第一级（超前钻头）以后使用的钻头，用于将前一级钻头已钻出的井孔逐级扩大至井筒设计的直径。它一般由中心管、上稳定器、配重块、下稳定器、扩孔刀盘和掏孔刀架组成，（见下页图 7）。它和超前钻头的主要区别是底部为锥形掏孔刀架，刀架上布置刮刀用以搅动落入超前孔中已沉淀的岩屑，提高吸收效果。

扩孔刀盘有表土刀盘和岩石刀盘之分，表土刀盘为带刮刀架的刀盘，岩石刀盘为带滚刀座的刀盘，一般采用同一个钻头体，根据工况改变刀盘。结构上均设计成半封闭式，仅在靠近钻头边缘处留有一定的过浆面积，迫使泥浆流经扩孔破岩工作面以冲洗岩屑。

扩孔钻头有多种结构形式，在结构上各有所长。减振式扩孔钻头（见下页图 8），钻进时弹簧起减振作用，结构较复杂。圆筒形固定稳定器扩孔钻头（见 387 页图 10），稳定器固定在中心管上，圆筒外面焊有长条半圆拱形的耐磨件。下部带有超前吸收器，稳定器随钻头一起旋转其特点是结构简单。配重块和稳定器放在超前孔内的超前钻头（见下页图 9），使钻头的重心下移，以



图 5　滚刀结构示意

a—中心楔齿滚刀；*b*—楔齿滚刀；*c*—球齿滚刀

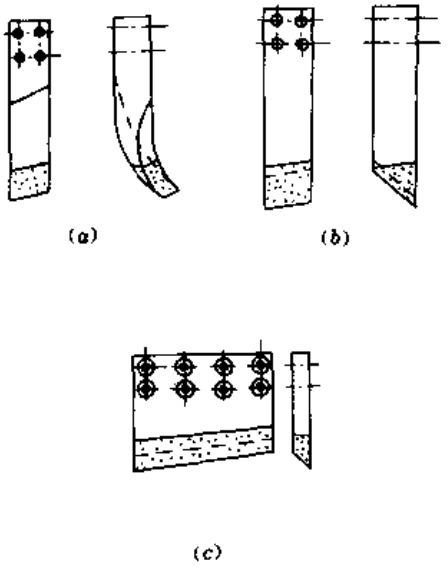


图 6 刮刀结构示意

a—锋形；*b*—棒形；*c*—片形

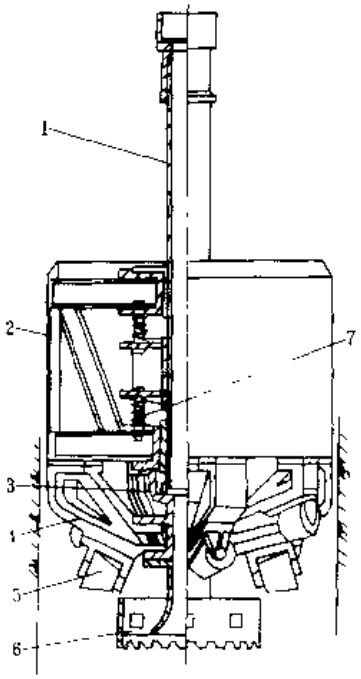


图 8 减振式扩孔钻头

1—中心管；2—筒体；3—法兰盘；4—扩孔刀盘；5—滚刀；6—吸收器；7—弹簧

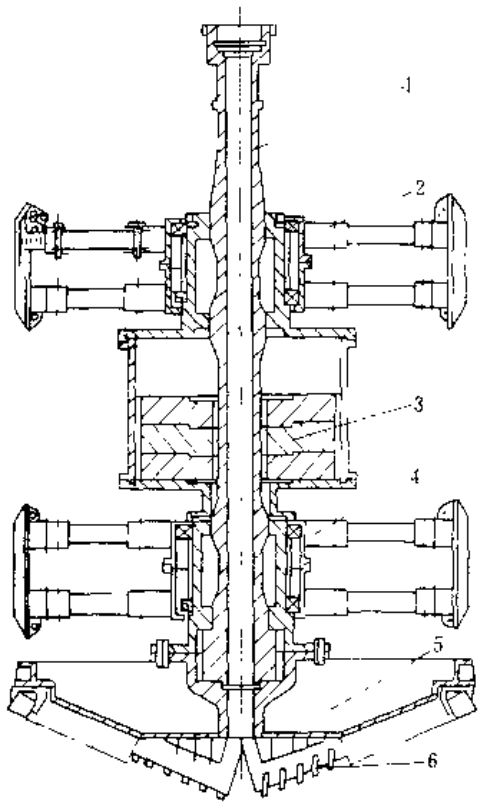


图 7 扩孔钻头

1—中心管；2—上稳定器；3—配重块；4—下稳定器；5—扩孔刀盘；6—掏孔刀架

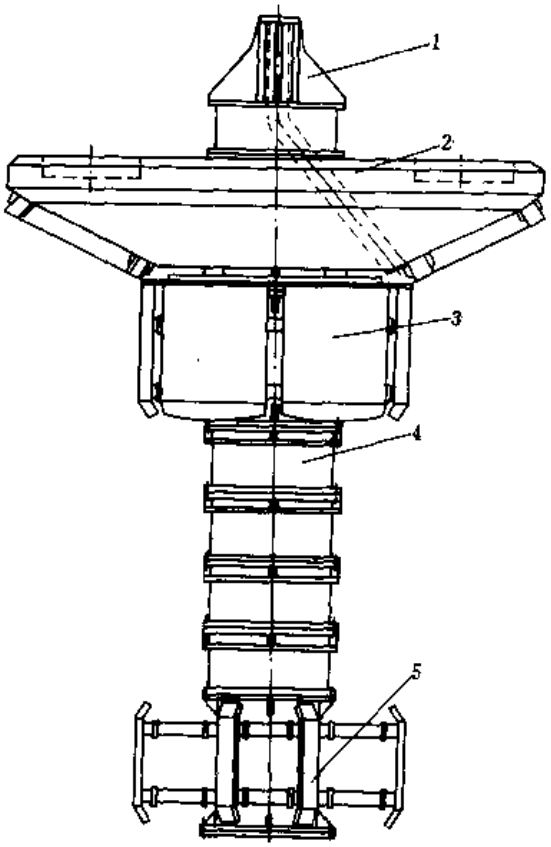


图 9 配重块和稳定器放在下面的扩孔钻头

1—过渡接头；2—刀盘；3—接渣盘；4—配重块；5—稳定器

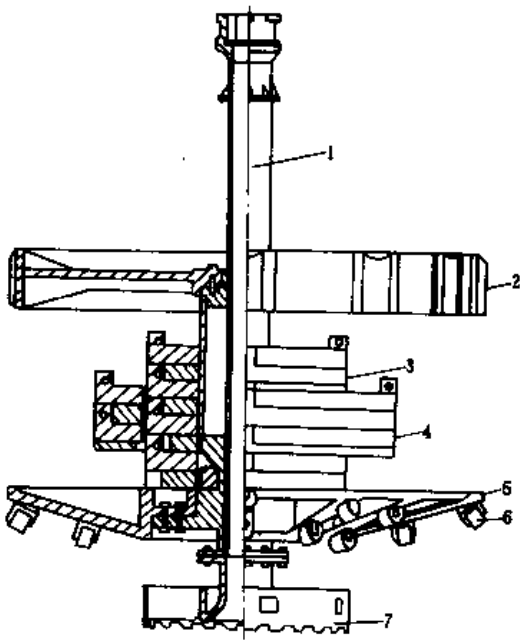


图 10　固定稳定器扩孔钻头

1—中心管；2—圆筒固定稳定器；3—小配重块；4—大配重块；5—刀盘；6—滚刀；7—吸收器

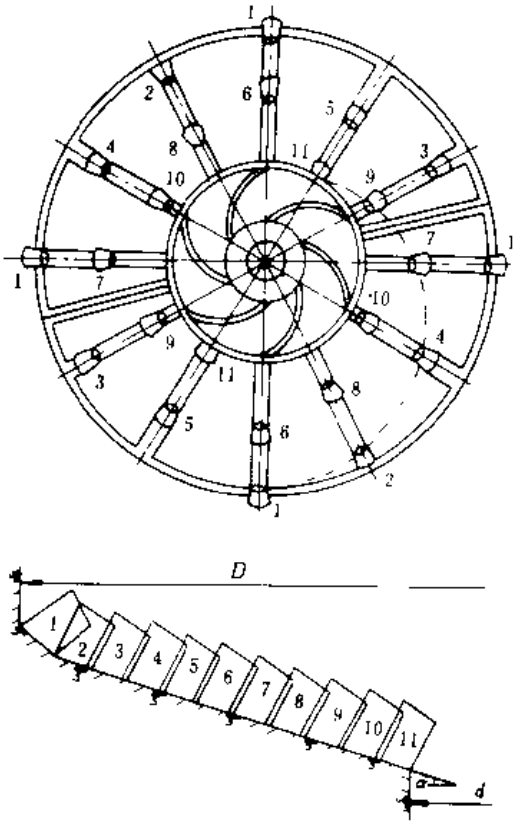


图 11　扩孔钻头刀具布置图

保证钻进的稳定性。上部设有接渣盘，破碎的岩屑掉到接渣盘上直接吸收。

扩孔钻头刀具(刮刀和滚刀)布置原则与超前钻头相同（见图 11)。由于扩孔钻头直径较大，外缘刀具的切线速度高，为保证边刀的寿命，一般边刀数量比较多，最少 4 把，多达 8 把。楔齿滚刀的刀体为台锥体，锥顶与钻头中心线相对位置有二种形式，一种为锥顶与钻头中心重合，第二种是锥顶超出钻头中心称超顶，第三种是锥顶处在钻头中心线的同一侧称缩顶，超顶和缩顶，均导致钻头回转时楔齿滚刀在破岩工作面上产生相对的滑移，在中硬以下的岩层钻进中，适量的滑移可使岩体表面受附加剪切应力，能够提高破岩效果。但是，过量的滑移量将使滚刀刀刃加速磨损，降低刀具寿命。

（李维远）

zuanyan

钻眼　(drilling)　又称凿岩。在被爆破的岩体上按钻眼爆破工艺要求钻凿孔（炮）眼的过程。它分为机械钻眼法和物理性钻眼法。前者利用机械力冲击、切割、滚压等使岩石局部破碎而完成钻眼过程，是目前应用的主要方法；后者是借助热能、电磁波等使岩石本身物理状态变化而形成岩体局部破碎完成钻眼过程，火力钻眼法属物理性钻眼法，已有工业应用，但受岩石物理性质所限，应用范围较窄。

机械钻眼法分为冲击式、旋转式和冲击旋转式。在坚硬岩层上主要采用冲击式钻眼（冲击式凿岩），在软岩层上主要采用旋转式钻眼（旋转式凿岩）。

冲击式凿岩　破岩过程如图 1 所示。在冲击力 P 作用下钻头冲凿并侵入岩石形成一定深度的一条凿痕 AB，随后，钻头绕自身轴线转动某一角度再次冲凿岩石并形成新的凿痕 A′B′，将两次凿痕及其间形成的扇

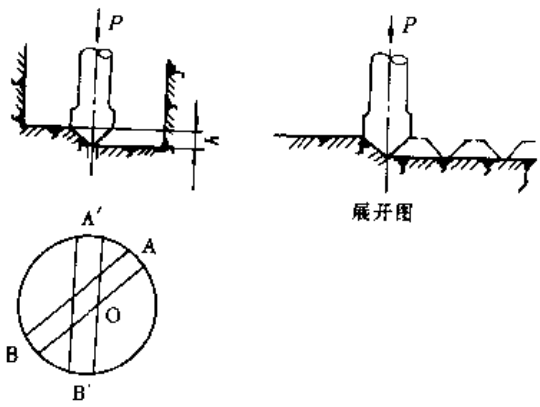


图 1　冲击式凿岩过程示意

形岩体 AOA′和 BOB′破碎掉。不断重复上述动作并及时排除破碎下来的岩屑即形成圆形的孔眼。冲击－转动－排粉三个动作不断重复构成冲击式凿岩过程。

冲击式凿岩所用机械有凿岩机，潜孔钻机和钢绳冲击钻机。

凿岩机(指以冲击回转方式工作的岩体钻孔机具)按动力分有气动、液压、电动和内燃四种。气动凿岩机自 1885 年发明以来一直广泛应用。液压凿岩机是 20 世纪 60 年代出现和发展起来的一种高效率凿岩机械，钻眼速度高、噪音小。电动凿岩机直接利用电能，取消了由电能转换为压缩空气的环节，提高了能源的利用效率且不需要复杂的辅助设备，但与气动凿岩机相比重量大，一些零部件的强度要求高。内燃凿岩机是由汽油发动机和压气机构组成的一种手持式凿岩机，具有重量较轻、携带方便等优点，适用于高山、无电源、无压气设备及流动性大的工程环境。凿岩机适用于中硬以上岩层钻凿小直径炮眼，眼深一般小于 5m。

潜孔钻机钻头和潜孔冲击器一起在孔内工作的钻孔机械。由回转机构，推进（后退）机构，冲击器，钻杆，钻头，排粉系统和架钻设备等组成。钻头与冲击器连为一体，随炮孔加深由钻杆推入孔内，故称潜孔钻机（又称潜孔凿岩机 ）。凿岩时钻头连续旋转，冲击是断续的，冲击器产生的冲击力直接传给钻头，无钻杆传递冲击力的能量损失，孔深对钻孔速度的影响较小。

潜孔钻机有应用于露天和井下两种，均用于大直径深孔的钻凿，孔径在 75mm 以上，孔深可达 40m。

钢绳冲击钻机主要用于露天矿钻凿大孔径垂直炮孔。

旋转式凿岩 其破岩过程（见图 2）所示。切割型钎头在轴压力 P 作用下侵入岩体某一深度 h，同时在回转力 P_c 作用下克服岩石的抗切割强度将岩石一层层切割下来，岩屑借助螺旋状钎杆及时排出。压入－切割－排粉三个基本动作连续进行构成旋转式凿岩过程。

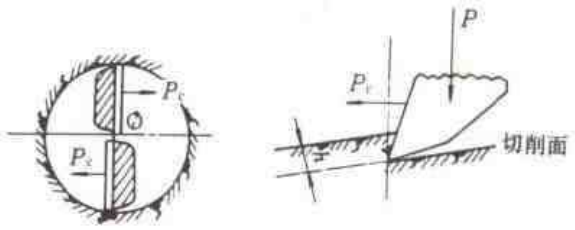


图 2 旋转式凿岩过程示意

旋转式凿岩机按动力分有电动、气动 、液压三种，普遍采用的为电动旋转式凿岩机，又称电钻。按其功率和使用条件有煤电钻和岩石电钻之分，前者多为手持式，用于煤体钻孔，亦可用于软弱岩层；后者带有推进装置和钻架，功率较大，用于中硬以下岩体一钻孔。

冲击旋转式凿岩 是冲击与旋转切削凿岩的结合，其破岩的基本过程为：在轴压力作用下钻头刃锋（钻齿）冲击压入岩石的同时还有旋转（滑动）切削作用。冲击压入－旋转（滑动）切削－排粉三个动作构成冲击旋转式凿岩过程。

冲击旋转式凿岩机有牙轮钻机和冲击旋转式凿岩机两种。前者主要用于露天矿坚硬岩层上钻凿大直径深孔，后者安装在台车上用于井下凿岩。(冲击旋转式凿岩机未得到实际应用)。

牙轮钻机钻头破岩过程如图 3 所示。当牙轮钻头体沿钻杆轴线转动时，牙轮的齿以单齿和双齿交替接触岩石，牙轮的轴心将从 O 降至 O'，再升至 O，产生

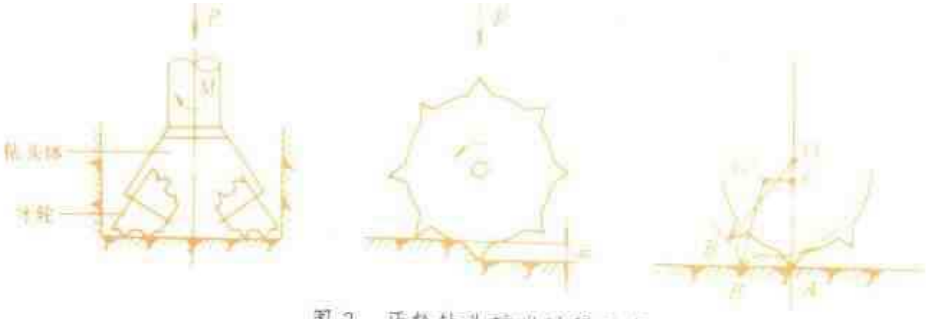


图 3 牙轮钻头破岩过程示意

上下振动，造成牙齿对岩石的周期性冲击，在轴压力作用下形成冲击压入。同时由于牙轮安装的结构设计，牙轮在滚动的同时，牙齿还有滑移，而对齿的压痕间的岩石产生剪切。

与冲击式，旋转式凿岩相较，冲击旋转式凿岩，具有较高的钻眼速度和较强的适应性，更是坚硬岩层有效的凿岩方法。

参考书目

王树仁、程玉生编，《钻眼爆破简明教程》，中国矿业大学出版社，1989。

陈玉凡主编，《矿山机械》（钻孔机械部分），冶金工业出版社，1984。

H. M. 马尔克维奇，《井巷掘进用凿岩机械》，中国工业出版社，1965。

（王树仁）

zuanyan baopo

钻眼爆破 (drilling and blasting) 简称钻爆法。在岩体（矿体、人工构筑物体）上钻凿一定直径、一定深度的孔眼，并在其内装入炸药，靠炸药爆炸作功而进行采掘（或其它破碎目的）的作业。钻眼爆破是采掘工程中的一道重要工序，它直接影响着装载、运输、支护等后续工序的效率、速度、质量、安全和成本。

远在17世纪，欧洲已将黑火药用于采矿，采用人工打眼深在1m以下的炮眼，开始形成钻眼爆破技术。19世纪中期开始采用气动凿岩机，提高了打眼的机械化水平。随着硝化甘油炸药及雷管的发明、不同类型凿岩机具的出现和硝酸铵类炸药的应用以及钻眼爆破工艺技术的不断发展和完善，逐步形成了现代钻眼爆破技术。

一般，常按钻凿炮眼的深度和直径将钻眼爆破法分为浅眼爆破法和深孔爆破法。即深度在5m以下、直径在50mm以下的孔眼称浅眼；深度大于5m、直径大于50mm的孔眼称深孔。

中国煤矿采掘工程上则习惯划分为浅眼爆破法、中深眼爆破法和深孔爆破法。

浅眼爆破法：炮眼直径小于50mm、深度小于2m，连续装药。主要用于井巷掘进；采煤、岩块的二次破碎。

中深眼爆破法：炮眼直径小于50mm、深度2～4m，连续或分段装药。主要用于立井、大断面硐室和巷道掘进。

深孔爆破法：炮眼直径大于50mm、深度大于5m，连续或分段装药。主要用于立井井筒掘进、断面较大且岩层稳定的硐室掘进、溜煤眼的深孔一次爆破、露天矿开采或剥离的台阶爆破（炮孔直径一般为100～250mm、孔深一般为8～16m）。

（王树仁）

条目汉字笔画索引

说　　明

一、本索引供读者按条目标题的汉字笔画查检条目。

二、条目标题按第一字的笔画由少到多的顺序排列，笔画数相同的字按起笔笔形一(横)、丨(竖)、丿(撇)、丶(点)、乛(折，包括亅冂乚乀等)的顺序排列。第一字相同的，依次按后面各字的笔画数和起笔笔形顺序排列。

三、索引后的阿拉伯数字是条目所在页码。

一　画

一次成井 …… 332
一次成巷 …… 332

二　画

二次爆破 …… 56
人工冻土 …… 280

三　画

工作面预注浆 …… 67
下山施工 …… 306
上山施工 …… 287
马头门 …… 222

四　画

无盐水冻结 …… 305
无起爆药雷管 …… 305
井下运煤系统 …… 127
井下供配电设备安装 …… 123
井下变电硐室 …… 121
井下辅助运输系统 …… 122
井下照明灯具 …… 129
井下煤仓 …… 125
井下爆炸材料库 …… 120
井口房 …… 104
井口浴室 …… 104
井田 …… 109
井底车场 …… 90
井底水仓 …… 95
井巷工程 …… 96
井巷支护 …… 100
井巷围岩应力 …… 100
井巷施工 …… 99
井巷特殊施工 …… 99
井架 …… 102
井圈背板 …… 105
井塔 …… 105
井塔预建整移 …… 108
井筒 …… 110
井筒支护 …… 113
井筒防冻空气加热室 …… 110
井筒钻进 …… 116
井筒检查钻孔 …… 111
井筒掘进 …… 112
井筒装备 …… 115
井窝 …… 117
井壁吊挂凿井管缆 …… 89
木支架 …… 257
止浆垫 …… 349
化学浆液 …… 80
反井施工 …… 59
反井钻机 …… 61
风井 …… 64
风道 …… 64
计量装置安装 …… 86
计算机辅助设计 …… 87
火雷管 …… 85
水文观察孔 …… 292
水压爆破 …… 293
水泥一水玻璃浆液 …… 291

五　画

平巷掘进 …… 261
平硐 …… 261
正规循环作业 …… 349
电缆敷设 …… 29
电雷管 …… 29
电磁盐水流量检测仪 …… 28
电磁感应雷管 …… 27
生产辅助建筑 …… 289
丘宾筒 …… 278
立井 …… 209
立井井筒地压 …… 212
立井井筒延深 …… 213
立井井筒装备安装 …… 217
立井井筒装备防腐 …… 218
立井冻结 …… 210
立井施工作业方式 …… 219
主、副井交替装备 …… 350
主井 …… 351
主排水泵硐室 …… 351

半煤岩巷掘进 …… 3
台阶爆破 …… 296
发爆器 …… 57

六 画

地面供配电设备安装 …… 24
地面预注浆 …… 27
压气爆破 …… 322
压渣爆破 …… 323
压缩空气系统设备安装 …… 322
当量炸药 …… 21
光面爆破 …… 69
吊泵 …… 31
吊挂井壁 …… 32
吊桶 …… 32
吊盘 …… 32
延期电雷管 …… 329
延期索 …… 331
自动定量装车系统设备
安装 …… 361
行政公共建筑 …… 315
后注浆 …… 80
伞形钻架 …… 285
多孔同层注浆 …… 55
安全梯 …… 1
导火索 …… 23
导爆索 …… 22
导爆管 …… 21
导爆管雷管 …… 22

七 画

防火门硐室 …… 63
防水闸门硐室 …… 63
坑口电站 …… 133
抓岩机 …… 357
抗水炸药 …… 132
抗杂散电流电雷管 …… 132
抗静电电雷管 …… 132
低密度炸药 …… 24
冻注两用钻机 …… 50
冻结孔 …… 45
冻结压力 …… 48
冻结制冷 …… 49
冻结法凿井 …… 43
冻结段支护 …… 41
冻结段掘进 …… 41
冻结循环系统 …… 48
冻结温度检测 …… 47
冻结管断裂 …… 43
冻结壁 …… 36
冻结壁温度场 …… 38
冷冻站 …… 208
沉井法凿井 …… 17

八 画

环形钻架 …… 81
板桩法 …… 3
松动爆破 …… 294
矿井工业场地总布置 …… 140
矿井工业建(构)筑物 …… 142
矿井开工 …… 153
矿井开拓设计 …… 154
矿井井型 …… 152
矿井井塔结构施工 …… 151
矿井瓦斯利用 …… 168
矿井地面生产系统 …… 137
矿井地面生产系统设备
安装 …… 138
矿井地面给排水系统 …… 136
矿井压缩空气系统 …… 170
矿井设计 …… 159
矿井设计生产能力 …… 161
矿井设计概算 …… 161
矿井投产 …… 167
矿井供热系统 …… 142
矿井服务年限 …… 139
矿井变电所 …… 135
矿井建设工期 …… 143
矿井建设技术经济 …… 144
矿井建设施工顺序 …… 150
矿井信息系统 …… 169
矿井施工图预算 …… 165
矿井施工辅助工作 …… 162
矿井排水系统 …… 157
矿井辅助生产车间 …… 139
矿井提升系统 …… 165
矿井储量 …… 135
矿区 …… 171
矿区开发 …… 201
矿区地面运输 …… 175
矿区地面总体布置 …… 176
矿区防洪 …… 177
矿区附属企业 …… 185
矿区供热系统 …… 186
矿区服务年限 …… 178
矿区变电所 …… 172
矿区建设可行性研究 …… 199
矿区建设技术经济 …… 192
矿区建设规模 …… 191
矿区建设顺序 …… 200
矿区带式输送机运输 …… 174
矿区信息系统 …… 204
矿区总体发展规划 …… 206
矿区总体设计 …… 206
矿区架空索道运输 …… 189
矿区给排水系统 …… 187
矿区铁路 …… 203
矿区辅助企业 …… 180
矿区储量 …… 174
矿区道路 …… 175
矿区输电线路 …… 201
矿灯房 …… 134
拆除爆破 …… 16
软岩支护 …… 283
贮煤仓 …… 352
岩石平巷掘进 …… 328
岩石可钻性 …… 326
岩石可爆性 …… 324
岩石坚固性系数 …… 323
岩石炸药 …… 328
岩帽 …… 323
乳化炸药 …… 282
注浆设备 …… 356
注浆材料 …… 355
注浆技术 …… 355
注浆结束标准 …… 356
单液水泥浆 …… 21
定向孔注浆 …… 35
定向抛掷爆破 …… 35
空气压缩机房 …… 133
降低水位法 …… 89

九 画

栈桥 …… 348
标准设计 …… 15
封口平车 …… 63
药卷 …… 331
药壶爆破 …… 331
巷道 …… 71
巷道工作面调车 …… 74
巷道地压 …… 73
巷道交岔点 …… 76
巷道交岔点施工 …… 76
巷道金属支架 …… 77
带式输送机机头硐室 …… 20
砌碹 …… 276
砌壁 …… 270
砌壁模板 …… 270
临时改绞 …… 221
钢井架安装 …… 66
钢筋混凝土支架 …… 66
卸载站硐室 …… 312
选矸楼 …… 316
选煤厂设备安装 …… 317
选煤厂施工 …… 318
施工场地总平面布置 …… 289
施工准备 …… 291
施工箕斗 …… 290
炸药 …… 343
炮眼 …… 260

十 画

起爆 …… 268
破岩 …… 262
热电联产工程 …… 279
钻井井径井斜测量 …… 379
钻井井架 …… 378
钻井井壁 …… 376
钻井打捞工具 …… 362
钻井机 …… 367
钻井机拖动与控制 …… 372
钻井机旋转系统 …… 375
钻井机提升系统 …… 370
钻井法井场布置 …… 365
钻井法凿井 …… 366
钻井泥浆 …… 381
钻井钻具 …… 383
钻眼 …… 387
钻眼爆破 …… 389
积极冻结 …… 86
离子交换炸药 …… 209
浮放道岔 …… 64
浆状炸药 …… 88
调车盘 …… 34
调车器 …… 34
被筒炸药 …… 14
预处理注浆 …… 333
预注浆 …… 334
预裂爆破 …… 333
通风机房 …… 302
通风系统设备安装 …… 302

十一画

梯子间 …… 297
副井 …… 65
硐室 …… 51
硐室施工 …… 53
硐室爆破 …… 53
排水系统设备安装 …… 259
控制爆破 …… 134
铵油炸药 …… 2
铵梯炸药 …… 1
斜井 …… 306
斜井冻结 …… 307
斜井施工 …… 309
斜井桥台 …… 308
猛炸药 …… 256
旋喷法注浆 …… 315
毫秒继爆管 …… 79
毫秒爆破 …… 78
混合支架 …… 83
混凝土外加剂 …… 83
液氮冻结 …… 332
深孔爆破 …… 288
粘土水泥浆 …… 258
密闭门硐室 …… 257
维护冻结 …… 304
综合注浆法 …… 362

十二画

硝化甘油类炸药 …… 306
提升机电力拖动系统
安装 …… 297
提升机机械设备安装 …… 300
提升机房 …… 300
提升容器安装 …… 302
凿井天轮 …… 342
凿井井架 …… 336
凿井用冷冻机 …… 343
凿井设备 …… 339
凿井设备布置 …… 340
凿井绞车 …… 335
凿井提升机 …… 342
凿井管缆悬吊 …… 335
喷射混凝土支护 …… 260
筛分楼 …… 287
储煤场 …… 18
温度观测孔 …… 304
滑架 …… 80
普通凿井法 …… 263
装药 …… 360

十三画

雷管 …… 208
暗井 …… 2
置换注浆 …… 350
锚杆支护 …… 222
锚索支护 …… 227
锚喷支护 …… 227
锚喷网支护 …… 226
腰泵房 …… 331
触变泥浆淹水沉井法 …… 18
新奥法 …… 313
煤矿地面建筑岩土工程 …… 229
煤矿地面建筑施工 …… 228
煤矿机电设备安装 …… 229
煤矿机械厂厂房结构
施工 …… 230
煤矿许用电雷管 …… 244
煤矿许用炸药 …… 244
煤矿设计规范 …… 242

煤矿建设 …… 231
煤矿建设工程质量管理 …… 236
煤矿建设工程监理 …… 235
煤矿建设招投标 …… 241
煤矿建设定额 …… 232
煤矿建设项目后评价 …… 240
煤矿建设项目管理 …… 239
煤矿建设施工组织设计 …… 238
煤矿建设施工管理 …… 237
煤矿施工规范 …… 244
煤巷掘进 …… 227
煤炭工业建设企业资质管理 …… 254
煤炭工业基本建设项目 …… 252
煤炭工业基本建设程序 …… 247
煤炭工业基本建设管理 …… 251
煤炭长距离管道运输 …… 245
煤炭企业工程抗震 …… 254
裸巷注浆 …… 221

十四画以上

静态破碎 …… 129
聚能爆破 …… 130
稳绳 …… 304
箕斗装载硐室 …… 86
管子道 …… 68
震动沉井法 …… 348
潜水泵 …… 277
壁后充填 …… 14
瞬发电雷管 …… 293
翻车机房 …… 59
翻车机硐室 …… 58
爆破 …… 4
爆破安全 …… 9
爆破掏槽 …… 12
罐道 …… 68
罐道梁 …… 69

条目英文索引

(INDEX OF ARTICLES)

A

active freezing ····· 86
adit ····· 261
administration and public buildings ····· 315
aerial-ropeway transport in mining area ····· 189
air duct ····· 64
air-compressor room ····· 133
air-heating room ····· 110
ammonium nitrate fuel oil mixture ····· 2
anchor rope support ····· 227
antistatic electric detonator ····· 132
antiwater explosive ····· 132
anti-stray current electric detonator ····· 132
AN-TNT containing explosive ····· 1
arching ····· 276
artificial frozen soil ····· 280
auxiliary enterprise in mining area ····· 180
auxiliary shaft ····· 65
auxiliary work of mine construction ····· 162

B

backfill ····· 14
bare drift grouting ····· 221
belt conveyer transportation for mining area ····· 174
belt-driven room ····· 20
bench blasting ····· 296
bidding for coal mine construction ····· 241
blast hole, borehole ····· 260
blasting ····· 4
blasting cut ····· 12
blasting machine ····· 57
blasting safety ····· 9
blind shaft ····· 2
bolt supporting ····· 222
bolting and shotcreting ····· 227
bolting and shotcreting with wire mesh ····· 226
bottom dumping car room ····· 312
brisant explosive ····· 256
buffer blasting ····· 323
bunton ····· 69

C

cable laying ····· 29
caisson sinking method under forced vibration ····· 348
caliper and inclination survey of shaft drilling ····· 379
capital construction management of coal industry ····· 251
capital construction procedure of coal industry ····· 247
capital construction project of coal industry ····· 252
car switching on roadway face ····· 74
cartridge ····· 331
car-transfer ····· 34
cement grout ····· 21
cement-sodium silicate grout ····· 291
chamber blasting ····· 53
chamber construction ····· 53
charge ····· 360
chemical grout ····· 80
circular shaft jumbo ····· 81
clay-cement grout ····· 258
coal drift excavation ····· 227
coal mine construction ····· 231
coal mine construction code ····· 244
coal mine construction project management ····· 239
coal mine construction quota ····· 232
coal mine design code ····· 242
coal preparation plant construction ····· 318
coal slurry pipeline long distance transportation ··· 245
coal-rock drift excavation ····· 3
composite support ····· 83
comprehensive grouting method ····· 362
compressed-air blasting ····· 322
computer aided design ····· 87
concrete admixtures ····· 83
construction management of coal mine ····· 237
construction of coal mine surface building ····· 228
construction of inclined shaft ····· 309

construction of shaft tower ····· 151
construction organization design for coal mine construction ····· 238
construction sequence of mining area ····· 200
controlled blasting ····· 134
conventional shaft sinking method ····· 263
cooling plant ····· 208
corrosion-preventing of shaft equipment ····· 218
crib ring and timber lagging ····· 105
crosshead ····· 80
crush rock ····· 262

D

delay cord ····· 331
delay electric detonator ····· 329
demolition blasting ····· 16
detonating cord ····· 22
detonator ····· 208
dip construction ····· 306
directional hole grouting ····· 35
directional pinpoint blasting ····· 35
drifting ····· 261
drill rig ····· 378
drilling ····· 387
drilling and blasting ····· 389
drilling machine for freezing-grouting hole ····· 50
drilling shaft wall ····· 376
drive and control for shaftboring machine ····· 372
drop-shaft sinking method ··· 17
drop-shaft sinking with inundated water and mud ····· 18

E

earthquake resistant engineering of coal enterprise ····· 254
electric detonator ····· 29
electromagnetic inductive detonator, Magnedat ····· 27
emulsion explosive ····· 282
equivalent to sheathed explosive ····· 21
explosive ····· 343

F

fan-room ····· 302
feasibility study for mining area construction ····· 199
fireproof door room ····· 63
fishing tool of shaft drilling ····· 362
fixing of pipelines and cables on shaft wall ····· 89
flood precaution in mining area ····· 177
flying switch ····· 64
follow-up grouting ····· 80
freeze sinking method ····· 43
freezing circulation system ··· 48
freezing hole ····· 45
freezing pipe fracture ····· 43
freezing pressure ····· 48
freezing section heading ····· 41
freezing section supporting ··· 41
freezing temperature monitoring ····· 47
freezing wall ····· 36

G

general design of mining area ····· 206
general developing plan of mining area ····· 206
general layout of mine compound ····· 140
general surface layout of construction site ····· 289
general surface layout of mining area ····· 176
grab ····· 357
ground pressure of roadway ····· 73
grout cover, grouting pad ··· 349
grout material ····· 355
grouting equipment ····· 356
grouting of substitution ····· 350
grouting technology ····· 355
grouting with multihole in same stratum ····· 55
guide rope ····· 304
guide ····· 68

H

hanging lining ····· 32
hanging of pipes and lines for sinking ····· 335
hanging pump ····· 31
head lamp room ····· 134
headframe ····· 102
heat supply system of mine ····· 142
heat supply system of mining area ····· 186
high pressure jet grouting method ····· 315
hoister room ····· 300
hoisting system of shaft-boring machine ····· 370

I

inclined shaft ····· 306
inclined shaft freezing ····· 307
ingate ····· 222
initiating, initiation ····· 268
installation of automatic rated carloading system

equipment ····· 361
installation of coal mine machinery and electric equipment ····· 229
installation of coal preparation plant equipment ····· 317
installation of drainage system equipment ····· 259
installation of ground power supply distribution system ····· 24
installation of hoist electric hauling system ····· 297
installation of hoisting conveyance ····· 302
installation of hoisting machinery ····· 300
installation of measuring apparatus ····· 86
installation of mine surface production system ····· 138
installation of pressed air system equipment ····· 322
installation of steel headframe ····· 66
installation of underground power supply and distribution system ····· 123
installation of ventilation equipment ····· 302
instantaneous electric detonator ····· 293
ion-exchanged explosive ····· 209

L

ladder compartment ····· 297
layout of shaft drilling site ····· 365
liquid nitrogen freezing ····· 332
longhole blasting ····· 288
low density explosive ····· 24

M

main and auxiliary shaft alternative installation ····· 350
main pumping room ····· 351
main shaft ····· 351
maintainable freezing ····· 304
millisecond blasting ····· 78
millisecond connector ····· 79
mine auxiliary production workshop ····· 139
mine bathroom ····· 104
mine compressed air system ····· 170
mine construction plan ····· 150
mine construction stage ····· 143
mine construction start ····· 153
mine design budget ····· 165
mine design estimate ····· 161
mine design ····· 159
mine designed capacity ····· 161
mine development design ····· 154
mine drainage system ····· 157
mine field ····· 109
mine gas utilization ····· 168
mine hoisting system ····· 165
mine industrial buildings····· 142
mine information system····· 169
mine life ····· 139
mine production scale ····· 152
mine reserves ····· 135
mine substation ····· 135
mining area capacity ····· 191
mining area exploitation ····· 201
mining area information system ····· 204
mining area life ····· 178
mining area main substation ····· 172
mining area railroad ····· 203
mining area reserves ····· 174
mining area road ····· 175
mining area transmission lines ····· 201
mining area ····· 171
modular design ····· 15

N

New Austrian Tunneling Method, NATM ····· 313
nitroglycerine explosive ····· 306
Nonel ····· 21
Nonel detonator ····· 22
non-primer detonator ····· 305
non-salt water freeze ····· 305

O

observation borehole of shaft ····· 111

P

permitted electric detonator for coal mine ····· 244
pipe way ····· 68
pithead power station ····· 133
pit-head house ····· 104
plain detonator, fuse cap ····· 85
post evaluation of coal mine construction project ····· 240
premitted explosive for coal mine ····· 244
preparation for construction ····· 291
preparation grouting ····· 333
presplitting blasting ····· 333
pre-grouting from the surface ····· 27
pre-grouting from the working face ····· 67
pre-grouting ····· 334
production service buildings ····· 289
production system of mine

surface ····· 137
project consultation of coal mine construction ····· 235
protodyakonov coefficient ····· 323
put into operation of mine ····· 167

Q

qualification management of coal enterprise ····· 254
quality control of coal mine construction ····· 236

R

raise construction ····· 287
raise drilling machine ····· 61
raising ····· 59
refrigeration for freezing ····· 49
regular cycle operation ····· 349
reinforced-concrete support ····· 66
roadway junction construction ····· 76
roadway junction ····· 76
roadway metal support ····· 77
roadway, drift ····· 71
rock and soil engineering of coal mine surface construction ····· 229
rock blastability ····· 324
rock drift driving ····· 328
rock drillability ····· 326
rock explosive ····· 328
rock plug ····· 323
rock pressure on shaft wall ····· 212
rotary system of shaft-boring machine ····· 375

S

safety fuse ····· 23
safety ladder ····· 1
salt water electromagnetic flow meter ····· 28
scheme of shaft construction procedure ····· 219
sealed door room ····· 257
secondary blasting ····· 56
service enterprise in mining area ····· 185
shaft ····· 110
shaft and drift support ····· 100
shaft bottom ····· 90
shaft deepening ····· 213
shaft drilling method ····· 366
shaft drilling mud ····· 381
shaft drilling string ····· 383
shaft drilling ····· 116
shaft equipment installation ····· 217
shaft equipment ····· 115
shaft freezing ····· 210
shaft jumbo ····· 285
shaft sinking and drifting ····· 96
shaft sinking ····· 112
shaft sump ····· 117
shaft support ····· 113
shaft tower ····· 105
shaft walling form ····· 270
shaft walling ····· 270
shaftbottom sump ····· 95
shaft-boring machine ····· 367
shaped-charge blasting ····· 130
sheathed explosive ····· 14
sheet piling method ····· 3
shotcreting ····· 260
simultaneous drifting ····· 332
simultaneous shaft-sinking ····· 332
sinking and drifting ····· 99
sinking bucket ····· 32
sinking cooling machine ····· 343
sinking equipment arrangement ····· 340
sinking equipment ····· 339
sinking head sheave ····· 342
sinking headframe ····· 336
sinking hoist ····· 342
sinking platform ····· 32
sinking skip ····· 290
sinking winch ····· 335
sizing plant ····· 287
skip loading pocket ····· 86
slurry explosive ····· 88
smooth blasting ····· 69
soft rock supporting ····· 283
special sinking and drifting ····· 99
springing blasting ····· 331
stage pump room ····· 331
standard of final grouting ··· 356
standing shot ····· 294
static crushing ····· 129
storage bunker ····· 352
storage yard ····· 18
stresses in rock mass around shaft and drift ····· 100
structural construction of coal mine machinery factory building ····· 230
submersible pump ····· 277
surface transportation of mining area ····· 175

T

technical economy of mine construction ····· 144
technical economy of mining area construction ····· 192
temperature field of freezing wall ····· 38
temperature observation hole ····· 304
temporarily change over hoisting mode ····· 221

thermal-electric plant ····· 279
tippler house ····· 59
tippler room ····· 58
translational remove of shaft tower ····· 108
transporter trestlework ····· 348
transport-and-dumping bridge of inclined shaft ····· 308
tubbing, shaft tubbing ····· 278
turn plate ····· 34

U

underground auxiliary haulage system ····· 122
underground coal haulage system ····· 127
underground coal pocket ····· 125
underground luminaire ····· 129
underground magazine ····· 120
underground room ····· 51
underground substation room ····· 121
underground water level lowering method ····· 89

V

ventilating shaft ····· 64
vertical shaft ····· 209

W

waste separation plant ····· 316
water level observation hole ····· 292
water pressure blasting ····· 293
water supply and drainage system in mining area ····· 187
water supply and drainage system of mine surface ····· 136
waterproof door room ····· 63
wellhead flat car ····· 63
wooden timber ····· 257

条目及条目内容主题分析汉语拼音索引

说　明

一、本索引是全卷条目和条目内容的主题分析汉语拼音索引。索引主题按汉语拼音字母顺序和声调(阴平、阳平、上声、去声)顺序排列；笔画数相同的按起笔笔形一(横)、丨(竖)、丿(撇)、丶(点)、乛(折，包括亅𠃌乚𠂉等)的顺序排列。第一字相同时，按第二字，余类推。

二、设有条目的主题用黑体字，未设条目的主题用仿宋体字。

三、索引主题之后的阿拉伯数字是主题内容所在的页码，数字之后的小写拉丁字母表示索引内容所在的版面区域。本卷正文的版面区域划分如右图。

a	d
b	e
c	f

A

安全梯 …… **1a**
安全炸药 …… 244e
安装工程费 …… 161b
氨串联单双级压缩制冷 …… 50d
氨单级压缩制冷 …… 50b
氨双级压缩制冷 …… 50c
氨循环系统 …… 48c
氨压缩制冷 …… 50a
氨(制冷剂) …… 49d
铵梯炸药 …… **1e**
铵油爆炸剂 …… 2a
铵油炸药 …… **2a**
暗槽施工 …… 312c
暗井 …… **2d**
暗井车场 …… 93c
暗井环形折返混合式
　车场 …… 94a
暗井折返式车场 …… 93e
奥地利隧道新施工法 …… 313a

B

扒煤机储煤场 …… 18c
板桩 …… 3a
板桩法 …… **3a**
半导体温度计 …… 48a
半地仓式储煤场 …… 18b
半胶质炸药 …… 306d
半煤岩巷 …… 72d
半煤岩巷掘进 …… **3b**
半煤岩巷掘进机械化
　作业线 …… 262c
半秒延期电雷管 …… 330e
帮眼 …… 260a
包装型乳化炸药 …… 282f
保本点 …… 149a
保护回路 …… 174b
保护岩柱 …… 216e
爆准 …… 36a,323b
爆轰 …… 10e,346e
爆轰波 …… 10d
爆轰压力 …… 345f
爆炸 …… 306c
爆破 …… **4b**
爆破安全 …… **9a**
爆破材料厂 …… 185a
爆破材料总库 …… 182a
爆破参数 …… 6a
爆破地震效应 …… 10a
爆破范围 …… 36a
爆破飞石 …… 9b
爆破机理 …… 263c
爆破空气冲击波 …… 9e
爆破漏斗 …… 5f
爆破漏斗半径 …… 5f
爆破母线 …… 6c
爆破破岩 …… 263b
爆破掏槽 …… **12b**
爆破筒 …… 322a
爆破图表 …… 6d,112a
爆破网路 …… 6c
爆破噪音 …… 9c
爆破震动 …… 9f
爆破作用指数 …… 5f
爆燃 …… 10d
爆热 …… 345c
爆容 …… 345b

爆生气体准静压力
(光爆)理论 …… 70b
爆速 …… 346a
爆温 …… 345e
爆炸冲能 …… 268a
爆炸压力 …… 345f
背板 …… 105c
背压式(供热)机组 …… 279d
被动型支护 …… 100f
被筒炸药 …… 14d
崩落眼 …… 260b
壁后充填 …… 14f
壁后触变泥浆沉井法 …… 18d
壁后泥浆淹水沉井 …… 19a
壁后注浆 …… 80b
壁内注浆 …… 80c
壁座 …… 210b
避雷器安装 …… 25c
扁钢丝绳绞盘式提升机 …… 342e
(变电所)配电装置 …… 173f
变电所设备 …… 172e
变形地压 …… 73d
标准轨距 …… 203b
标准设计 …… 15a
标准松动爆破 …… 294d
表面活性剂 …… 84f
丙烯酰胺类浆液 …… 81b
不完全爆炸 …… 11d
不稳定围岩立井井筒
支护 …… 114c
不耦合空气间隔装药 …… 360e
不耦合连续装药 …… 360e
不耦合装药 …… 360d

C

材料场 …… 140a
材料和设备运输系统 …… 137a
采煤巷道 …… 72e
采区变电硐室 …… 122b
采区采出率 …… 136a
采区煤仓 …… 125f
采区上山 …… 72f
采区上下山运输 …… 127e
采区下山 …… 72f
采样设备安装 …… 361f
采准巷道 …… 72e
残余应力区 …… 100d
测量回路 …… 174b
测量(立井施工) …… 266d
测温孔 …… 304c
差异冻结 …… 211d
拆除爆破 …… 16a
缠绕式提升机提升容器
安装 …… 302a
长短管冻结 …… 211d
长绳悬吊抓岩机 …… 357d
超前支护 …… 101d
超前钻头 …… 384f
超声波井径井斜仪 …… 380b
潮湿式喷射混凝土支护 …… 260e
车站式折返式井底车场 …… 91f
沉淀池硐室 …… 96c
沉井 …… 17c
沉井法凿井 …… 17c
(沉井)刃脚 …… 17d
成井测量 …… 379e
乘人车场 …… 53b
承载索 …… 191a
迟爆 …… 11f
齿轨车运输 …… 123a
冲击式凿岩 …… 387f
冲击旋转式凿岩 …… 388e
冲击旋转式凿岩机 …… 388e
冲凿破岩 …… 262f
抽汽凝汽式(供热)机组 …… 279d
抽屉式开关柜安装 …… 25f
抽芯滑模施工法 …… 319e
筹建项目 …… 253d
储量备用系数 …… 139c
储煤场 …… 18a
储煤设备安装 …… 139a
触变泥浆 …… 19b
触变泥浆淹水沉井法 …… 18d
穿尖交岔点 …… 76c
串车斜井单向斜甩式
车场 …… 92f
串车斜井平车场 …… 92f
串东斜井 …… 306f
磁电雷管 …… 27f
磁性单点照像测斜仪
(冻结孔)测斜法 …… 47b

D

大临工程 …… 165a
大模板施工 …… 151f
大巷运输 …… 127c
大型给煤机安装 …… 361d
大型矿井 …… 152f
大型矿区 …… 192b
大型煤炭基建项目 …… 253c
大直径空眼直眼掏槽 …… 13d
带式输送机安装 …… 138d
带式输送机机头硐室 …… 20a
带式输送机提升 …… 166e
带式输送机斜井 …… 307a
带式输送机运输 …… 127c
单侧导硐施工法 …… 54b
单侧式箕斗装载硐室 …… 86b
单侧掏槽 …… 12c
单层井壁 …… 42a
单层内钢板钢筋混凝土
复合井壁 …… 377b
单轨吊运输 …… 123b
单级平底型止浆垫 …… 349d
单级球面型止浆垫 …… 349d
单级压缩制冷量 …… 50b
单井筒装备施工方案 …… 351a
单排孔间隔爆破网路 …… 79f
单绳悬吊(凿井管缆) …… 335b
单索单向继爆管 …… 79d
单位工程 …… 253f
单线索道 …… 189d
单项工程 …… 253f
单项工程设计 …… 248b
单斜保护盘 …… 216a
单行作业(立井施工) …… 219e
单液水泥浆 …… 21b
单液注浆 …… 355e
单质猛炸药 …… 256f
单质炸药 …… 343f
单质炸药敏化的浆状
炸药 …… 89a
弹塑性理论(锚杆支护) …… 224d

弹塑性应力区 …… 100d
弹性应力区 …… 100d
当量炸药 …… 21d
万式(井底)车场 …… 91d
倒杆提升(井架) …… 66f
倒台阶(硐室)施工法 …… 55a
导爆管 …… 21e
导爆管雷管 …… 22b
导爆管雷管品种 …… 208c
导爆管起爆 …… 269e
导爆管起爆网路 …… 7f
导爆索 …… 22c,79d
导爆索爆破网路 …… 79e
导爆索起爆 …… 269a
导爆索起爆网路 …… 7e
导火索 …… 23c
导火索起爆 …… 269c
导硐 …… 54a
导硐施工法 …… 54a
灯光测量 …… 379e
低电阻式抗杂散电流
电雷管 …… 133a
低密度炸药 …… 24a
低能导爆索 …… 23b
低压配电盘(柜)安装 …… 25f
低压水射流 …… 263a
底拱 …… 276c
底卸式吊桶 …… 33c
底眼 …… 260a
地面电缆敷设 …… 29c
地面给水类型 …… 136c
地面给水系统 …… 136c
地面供配电设备安装 …… 24b
地面集中式压缩空气
系统 …… 170d
地面设备安装 …… 230a
地面预注浆 …… 27a
地压估算的经验数据 …… 115d
地质勘探 …… 247c
地中衡安装 …… 87b
电爆网路 …… 6c
电磁波起爆 …… 270c
电磁除铁器安装 …… 138e
电磁感应雷管 …… 27f
电磁感应起爆 …… 270a
电磁雷管发爆器 …… 58d
电磁起爆 …… 270a
电磁吸式打捞器 …… 364c
电磁盐水流量检测仪 …… 28d
电动阀门安装 …… 259c
电动潜水泵 …… 277e
电动凿岩机 …… 388a
电抗器安装 …… 25d
电缆敷设 …… 29b
电雷管 …… 29e
电雷管安全电流 …… 30d
(电雷管)串联最小准爆
电流 …… 31a
(电雷管)20发串联发火
电流 …… 31a
(电雷管)发火冲量 …… 30f
(电雷管)发火冲能 …… 30f
(电雷管)静电感度 …… 31c
电雷管瓦斯安全性试验 …… 244d
(电雷管)最大不发火
电流 …… 30e
(电雷管)最小发火电流 …… 30f
电力电容器安装 …… 25c
电力起爆 …… 269f
电气主结线 …… 173e
电容式发爆器 …… 57b
电线力学计算 …… 202b
电子皮带秤安装 …… 87c
电子式延期元件 …… 329c
电钻 …… 388d
吊泵 …… 31d
吊泵(井内布置) …… 341a
吊车梁吊装 …… 231a
吊挂井壁 …… 32a
吊罐 …… 59f
吊罐(反井施工)法 …… 59f
吊笼 …… 59f
吊盘 …… 32c
吊盘(井内布置) …… 341b
吊桶 …… 32f
吊桶(井内布置) …… 340f
调车盘 …… 34c
调车盘调车 …… 76b
调车器 …… 34e
调车器调车 …… 75d,76a
顶推调车 …… 94f
顶推拉调车 …… 95b
顶眼 …… 260a
定向孔注浆 …… 35c
定向孔钻进 …… 35d
定向面 …… 36a
定向抛掷爆破 …… 35f
定向中心 …… 36a
冻结壁 …… 36d
冻结壁厚度 …… 36e
冻结壁交圈 …… 40a
冻结壁解冻 …… 37f,40f
冻结壁维持期 …… 304a
冻结壁位移 …… 37e
冻结壁温度场 …… 38a
冻结壁形成期 …… 37d
冻结壁增长 …… 40b
冻结段井壁 …… 41f
冻结段掘进 …… 41b
冻结段试挖 …… 41b
冻结段正式掘进 …… 41b
冻结段支护 …… 41e
冻结法凿井 …… 43b
冻结管 …… 43f,46c
冻结管断裂 …… 43f
冻结孔 …… 45d
冻结孔测斜 …… 46f
冻结孔钻进 …… 45d
(冻结孔)钻进场地修建 …… 45e
(冻结孔)钻进工序 …… 45f
冻结器 …… 46b
冻结温度检测 …… 47f
冻结循环系统 …… 48b
冻结压力 …… 48f
冻结圆柱 …… 39d
冻结制冷 …… 49c
冻结帷幕 …… 36d
冻土 …… 280e
冻土的变形 …… 281e
冻土墙 …… 36d
冻土强度 …… 282a
冻胀 …… 281c
冻胀力 …… 48f
冻胀水 …… 281b
冻胀型曲线 …… 19a

冻注两用钻机 …… **50f**
硐室 …… **51c**
硐室爆破 …… **53c**,4e
硐室施工 …… **53e**
渡线道岔调车 …… 76a
端头锚固式锚杆 …… 223d
短段分片掘砌 …… 41c
短段台阶式掘进 …… 41c
堆取料机式储煤场 …… 18d
对称道岔调车 …… 76a
对称翻转提升(井架) …… 67c
对角式(风井) …… 64c
多孔同层注浆 …… **55d**
多排孔间隔爆破网路 …… 79f
多排孔间隔掘沟爆破网路 …… 80a
多排孔排间隔环形爆破网路 …… 79f
多绳摩擦式提升机提升容器安装 …… 302b
多液注浆 …… 355e
惰性被筒 …… 14d

E

二次爆破 …… **56a**
二氧化碳爆破筒 …… 322b

F

发爆器 …… **57a**
发电机式发爆器 …… 57a
发碴 …… 276c
翻车机房 …… **59a**
翻车机硐室 …… **58e**
翻转提升(井架) …… 66f
反井施工 …… **59c**
反井延深 …… 214d
反井钻机 …… **61e**
反井钻进法 …… 61c
反向起爆 …… 361a
反向凿井 …… 59c
反向装药 …… 360f
返风道 …… 64a
防冻剂 …… 84c
防洪设计标准 …… 178b
防火门硐室 …… **63b**
防水剂 …… 84e
防水闸门 …… 63c
防水闸门硐室 …… **63c**
防水炸药 …… 132c
放炮器 …… 57a
非金属延期索 …… 331a
分部工程质量等级评定 …… 236e
分层(硐室)施工法 …… 54c
分段冻结 …… 212b
分段接力悬吊(凿井管缆) …… 335d
分级扩孔钻进 …… 116e
分阶掏槽 …… 12b
分期冻结 …… 212b
分区通风式(风井) …… 64c
分散式压缩空气系统 …… 170d
分项工程质量等级评定 …… 236e
粉状硝化甘油炸药 …… 306e
粉状铵油炸药 …… 2a
封口盘 …… 113a
封口盘(布置) …… 341d
封口平车 …… **63d**
封刃脚 …… 17e
风道 …… **64a**
风动潜水泵 …… 277d
风镐挖掘法 …… 227f
风井 …… **64b**
风井井口房 …… 104e
缝隙掏槽 …… 13a
氟利昂(制冷剂) …… 49e
浮放道岔 …… **64d**
辅助水平延深 …… 213d
辅助眼 …… 260a
辅助硐室 …… 51c
副井 …… **65b**
副井井口房 …… 104c
副立井 …… 65d
副平硐 …… 65d,261b
副斜井 …… 65d
副自由面 …… 5d
复合防护层施工 …… 219c
复合剂 …… 85b
复合井壁 …… 42e
复合雷管 …… 208b
复式起爆网路 …… 8f
负氧平衡 …… 345a

G

改扩建矿井服务年限 …… 139d
改扩建矿井投资 …… 161c
改扩建项目 …… 253a
概算指标 …… 234a
干冰(制冷剂) …… 49f
干式喷射混凝土支护 …… 260d
矸石处理系统 …… 137f
矸石井 …… 210a
感度 …… 347e
刚性罐道 …… 68f
刚性金属支架 …… 77c
刚性支架 …… 101f
钢板沥青井壁 …… 43a
钢板式浮放道岔 …… 64e
钢轨罐道 …… 69a
钢及钢筋混凝土结构井塔 …… 105f
钢结构井塔 …… 105e
钢筋混凝土罐道梁 …… 69d
钢筋混凝土井壁 …… 377a
钢筋混凝土井架 …… 102c
钢筋混凝土井塔 …… 105e
钢筋混凝土模板 …… 272a
钢筋混凝土支架 …… **66a**
钢井架 …… 102c,336f
钢井架安装 …… **66d**
钢井架计算 …… 103e
钢肋混凝土支护 …… 113e
钢梁吊挂管路 …… 90a
钢模板 …… 271b
钢丝绳罐道 …… 69c
钢丝绳牵引梭式输送机机头硐室 …… 20d
钢丝绳牵引运输 …… 122e
钢丝绳提升 …… 165e
钢丝绳选择 …… 166a
高级炸药 …… 256e
高能导爆索 …… 23a
高能发爆器 …… 58c

高浓度煤浆特性 …… 245e
高喷法注浆 …… 315f
高喷法注浆技术参数 …… 315a
高效减水剂 …… 84b
高压断路器安装 …… 24e
高压开关柜安装 …… 25e
高压水射流 …… 263a
隔离开关安装 …… 25a
铬木素类浆液 …… 81c
给进拖动与控制 …… 375b
给煤机安装 …… 138f
给水泵站 …… 136f
更新改造项目 …… 253b
工程加固(抗震) …… 256c
工程施工质量管理 …… 236f
工程项目 …… 252e
工期定额 …… 235b
工业导火索 …… 23e
工业广场 …… 228b
工字钢罐道梁 …… 69e
工作面预注浆 …… 67d
工作面运输 …… 128b
工作盘 …… 32c
供风管路 …… 171a
供热管道 …… 143b
公开招标 …… 241d
拱碹 …… 276c
钩式打捞器 …… 365a
钩头 …… 34a
沟槽效应 …… 11f
孤石 …… 56a
孤石爆破 …… 56a
固定盘 …… 113b
固定盘(布置) …… 341d
固定式调车盘 …… 34c
固定式照明灯具 …… 129a
固定稳定器扩孔钻头 …… 385c
固井 …… 19d,378c
固体炮泥 …… 361b
刮板输送机运输 …… 128b
挂钩式卸矸吊桶 …… 32f
挂式打捞器 …… 364f
管道水力运输 …… 128d
管道效应 …… 11f
管道运输 …… 175c
管子道 …… 68b
管子间 …… 218b
罐道 …… 68f,115f
罐道安装 …… 218a
罐道梁 …… 69c,115f
罐道梁安装 …… 217f
罐道梁间距 …… 69c
罐梁 …… 69c
罐笼井 …… 209f
罐笼井马头门 …… 222a
罐笼立井井窝 …… 117f
罐笼提升 …… 165f
光爆 …… 69f
光面爆破 …… 69f
光面爆破标准 …… 70d
光纤通讯 …… 205d
硅整流设备安装 …… 26e
龟裂掏槽 …… 13a
轨道衡安装 …… 86f
轨道运输 …… 122d,127d
滚压破岩 …… 262f
国际招标 …… 241e
国家标准类煤矿设计
规范 …… 242f
国外贷款项目建设程序 …… 249b
国外建设工程质量管理 …… 237c

H

含水土层地压 …… 212f
含水炸药 …… 132d
航运运输 …… 175d
巷道 …… 71a
巷道道床参数 …… 71f
巷道地压 …… 73c
巷道地压实测 …… 74a
巷道工作面调车 …… 74d
巷道交岔点 …… 76b
巷道交岔点施工 …… 76e
巷道金属支架 …… 77c
巷道煤仓 …… 127a
巷道支架参数 …… 71f
毫秒爆破 …… 78a
毫秒爆破间隔时间 …… 78d
毫秒继爆管 …… 79a
毫秒雷管 …… 329c
毫秒延期电雷管 …… 329c
黑火药 …… 344b
恒速注浆泵 …… 356f
桁架式塔形井架 …… 378f
后卸式(施工)箕斗 …… 290c
后注浆 …… 80a
糊炮(爆破)法 …… 56a
弧板 …… 277a
弧板支护 …… 277a
弧板支架 …… 284c
护顶盘 …… 216f
互感器安装 …… 25b
滑动提升(井架) …… 67c
滑架 …… 80d
滑模施工 …… 151c
滑升模板 …… 272a
化学浆液 …… 80f
化学性爆炸 …… 343f
化学(注浆)浆液 …… 355c
环形错车场调车 …… 75a
环形多头式井底车场 …… 92c
环形管路安装 …… 259b
环形尽头式井底车场 …… 92b
环形立式井底车场 …… 91d
环形式井底车场 …… 91a
环形梭式井底车场 …… 92b
环形卧式井底车场 …… 91a
环形斜式井底车场 …… 91e
环形钻架 …… 81f
环形钻架式钻眼 …… 112c
环行轨道式抓岩机 …… 357f
环氧树脂类浆液 …… 81e
缓凝减水剂 …… 84c
恢复矿井投资 …… 161c
恢复项目 …… 253b
回采巷道 …… 72e
回弹率 …… 260f
回风井马头门 …… 222e
回风平硐 …… 261c
混合结构斜井桥台 …… 309a
混合井 …… 210a
混合猛炸药 …… 256f
混合器 …… 355e
混合式井架 …… 102d

混合掏槽 …… 12b
混合型支护 …… 100f
混合运输 …… 127d
混合炸药 …… 343f
混合支架 …… **83b**
混合作业(立井施工) …… 220c
混凝土搅拌站 …… 340d
混凝土外加剂 …… **83c**
混凝土支护 …… 113e
活塞式压缩冷冻机 …… 343d
活性被筒 …… 14d
火雷管 …… **85d**
货运架空索道 …… 189d

J

基本风道 …… 64a
(基建)项目建议书 …… 247d
(基建)项目可行性研究 …… 247e
基岩井壁厚度经验数值 …… 114b
机电设备修理厂 …… 180e
机电设备租赁站 …… 181a
机械变速注浆泵 …… 356f
机械破岩 …… 262f
机械钻眼 …… 387e
积极冻结 …… **86e**
箕斗井 …… 209f
箕斗立井井窝 …… 117f
箕斗提升 …… 165f
箕斗斜井 …… 307a
箕斗装载硐室 …… **86a**
集液圈 …… 48c
集中上山 …… 72f
集中下山 …… 72f
集中装药 …… 360c
技术设计 …… 248b
计量装置安装 …… **86f**
计算机辅助设计 …… **87f**
加气剂 …… 85a
加强雷管 …… 208b
加强松动爆破 …… 294d
架后充填 …… 14f
间隔装药 …… 360d
间接带定额 …… 234d
间接雷击 …… 202a
间歇效应 …… 11f
剪形掏槽 …… 12f
减跨理论(锚杆支护) …… 224d
减水剂 …… 84a
减振式扩孔钻头 …… 385e
建井期 …… 143d
建井期地面交通运输 …… 162e
建井期供电 …… 163a
建井期供排水 …… 163c
建井期排矸 …… 164d
建井期提升 …… 163f
建井期通风 …… 164e
建井期压风供应 …… 163c
建井期运输 …… 164c
浆状炸药 …… **88f**
降低水位法 …… **89b**
胶套轮齿轨卡轨车运输 …… 123b
胶套轮机车运输 …… 123a
胶质炸药 …… 132d,306c
浇筑式砌壁 …… 270e
铰接可缩支架 …… 283f
脚线 …… 30a
角柱式掏槽 …… 13d
绞车安装 …… 139a
接地装置安装 …… 26f
阶段招标 …… 241f
界面活性剂 …… 84f
金属表面处理 …… 218e
金属防护层施工 …… 219b
金属粉末敏化的浆状炸药 …… 89a
金属罐道梁 …… 69d
金属可缩支架 …… 283e
金属锚杆 …… 223a
金属延期索 …… 331a
金属整体活动模板 …… 273c
金属碹胎 …… 275d
尽头折返式井底车场 …… 91f
经纬仪灯光(冻结孔)测斜法 …… 47a
井壁 …… 41f
井壁吊挂凿井管缆 …… **89d**
井壁厚度计算 …… 113f
井壁孔 …… 376f
井壁筒 …… 376f
井底车场 …… **90e**
井底车场线路 …… 94a
井底煤仓 …… 125d
井底水仓 …… **95f**
井底水窝 …… 117e
井盖 …… 113a
井巷工程 …… **96f**
井巷工程费 …… 161b
井巷施工 …… **99c**
井巷特殊施工 …… **99f**
井巷围岩 …… 101a
井巷围岩应力 …… **100c**
井巷支护 …… **100e**
井架 …… **102a**
井架高度 …… 102e
井架竖立 …… 66e
井架组装 …… 66e
井颈 …… 210a
井口 …… 104b
井口房 …… **104b**
井口浴室 …… **104f**
井内凿井设备布置 …… 340f
井圈 …… 105c
井圈背板 …… **105c**
井身 …… 110d
井塔 …… **105e**
井塔平移 …… 108f
井塔设计 …… 105f
(井塔)塔身施工 …… 151c
井塔预建整移 …… **108a**
井田 …… **109b**
井田边界 …… 109f
井田尺寸 …… 109b
井田划分 …… 109c
井田境界 …… 109f
井筒 …… **110b**
井筒衬砌 …… 113c
井筒电缆安装 …… 218b
井筒防冻空气加热室 …… **110f**
井筒管路安装 …… 218a
井筒检查钻孔 …… **111c**
井筒掘进 …… **112a**
井筒开拓形式 …… 154b
井筒数量 …… 154f
井筒位置 …… 154c

井筒延深 …… 213a
井筒永久支护 …… 113c
井筒与井底连接部 …… 222a
井筒支护 …… **113c**
井筒装备 …… **115f**
井筒钻进 …… **116e**
井窝 …… **117e**,110d
井窝清理 …… 118b
井下保健室 …… 53a
井下爆破 …… 4f
井下爆炸材料库 …… **120e**
井下备品保管室 …… 52f
井下变电硐室 …… **121e**
井下变流室 …… 52c
井下柴油机车加油站 …… 52d
井下柴油机车库 …… 52d
井下充电室 …… 52b
井下等候室 …… 53a
井下电机车修理间 …… 51d
井下电缆敷设 …… 29d
井下调度室 …… 53a
井下辅助运输系统 …… **122c**
井下给水 …… 137a
井下供配电设备安装 …… **123c**
井下火药库 …… 120e
井下集中式压缩空气
系统 …… 170d
井下煤仓 …… **125c**
井下设备安装 …… 230b
(井下)消防材料库 …… 52e
井下运煤系统 …… **127b**
井下照明灯具 …… **129a**
井下中央变电所硐室 …… 121e
井下主变电硐室 …… 121e
静水沉淀池 …… 96c
静态破碎 …… **129d**
静态破碎剂 …… 129d
局部冻结 …… 211e
矩阵组织结构 …… 240b
聚氨酯类浆液 …… 81d
聚能爆破 …… **130a**
聚能效应 …… 130a
聚能穴 …… 130a
聚能药包 …… 130a
聚能装药的参数 …… 130e
拒爆 …… 11c
掘进机法 …… 261f,328f
(掘进)机械化作业线 …… 262b
竣工项目 …… 253e
竣工验收 …… 248f

K

卡轨车运输 …… 122f
卡式打捞器 …… 365a
开采水平 …… 155a
开采水平划分 …… 155a
开工项目 …… 253d
开拓方式 …… 154b
开拓巷道 …… 72d
糠醛树脂类浆液 …… 81f
抗拔力 …… 223f
抗静电电雷管 …… **132a**
抗渗剂 …… 84c
抗水导爆索 …… 23b
抗水炸药 …… **132c**
抗水铵梯炸药 …… 132d
抗杂散电流电雷管 …… **132f**
靠壁式抓岩机 …… 359e
可燃剂和气泡敏化的
浆状炸药 …… 89a
可缩性金属支架 …… 77e
可缩性支架 …… 101f
客运架空索道 …… 191b
坑口电站 …… **133b**
空气压缩机房 …… **133f**
空气压缩机试运行 …… 323a
空气压缩机选择 …… 170e
空气压缩设备安装 …… 322e
控制爆破 …… **134b**
控制回路 …… 174b
扣道式浮放道岔 …… 64f
快硬水泥卷锚固剂 …… 223e
宽工作面(半煤岩巷)
掘进法 …… 3c
(矿场)场内运输 …… 141c
(矿场)平面布置 …… 140f
矿灯充电室 …… 134e
矿灯房 …… **134e**
矿灯维修室 …… 134f
矿井变电所 …… **135a**
(矿井)不确定性分析 …… 148f
矿井初步设计 …… 159f
矿井储量 …… **135e**
矿井单项工程施工
组织设计 …… 239a
矿井地面给排水系统 …… **136b**
矿井地面生产系统 …… **137d**
矿井地面生产系统
设备安装 …… **138c**
矿井地质储量 …… 135f
(矿井)分段排水 …… 157e
(矿井)风险性分析 …… 148f
矿井服务年限 …… **139b**
矿井辅助生产车间 …… **139f**
矿井高级储量比例 …… 136a
矿井工业场地总布置 …… **140d**
矿井工业储量 …… 135f
矿井工业建(构)筑物 …… **142b**
矿井供热系统 …… **142f**
(矿井)供水水源 …… 136b
矿井锅炉房 …… 143a
矿井国民经济评价 …… 148d
矿井及第一开采水平
服务年限 …… 139d
矿井计算机管理信息
系统 …… 170b
矿井监控系统 …… 169f
矿井建设吨煤投资 …… 147b
矿井建设工程造价 …… 145b
矿井建设工期 …… **143d**
矿井建设关键线路 …… 153c
矿井建设技术经济 …… **144a**
矿井建设技术经济指标 …… 149f
矿井建设类施工企业 …… 254b
矿井建设施工顺序 …… **150c**
矿井建设施工准备期 …… 291d
矿井建设顺序及矿区
产量规划 …… 180b
矿井建设周期 …… 143e
矿井建设总工期 …… 143e
矿井建设总投资 …… 145b
(矿井)建筑安装工程费 …… 145c
矿井经济评价 …… 147c
矿井井塔结构施工 …… **151b**